

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PPGE/UFSC**

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
APLICADA À NUTRIÇÃO
NA PRESCRIÇÃO DE PLANOS ALIMENTARES**

**Dissertação de mestrado submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do grau de mestre em Engenharia**

KATIA GAVRANICH CAMARGO

Orientadora: Prof^a. Rosina Weber Lee, Dra.

Florianópolis, 19 de fevereiro de 1999.



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À NUTRIÇÃO NA PRESCRIÇÃO DE PLANOS ALIMENTARES

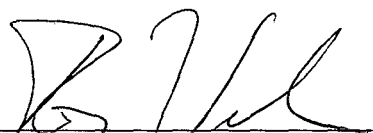
Katia Gavranich Camargo

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de “Mestre em Engenharia”, especialidade Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

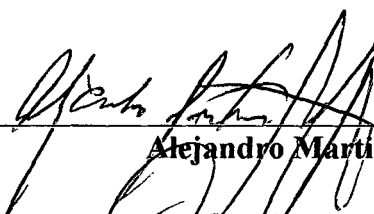


Professor Ricardo Miranda Barcia, Ph.D
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

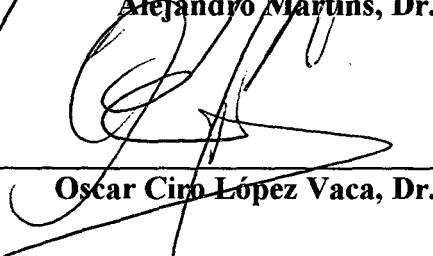
Banca Examinadora:



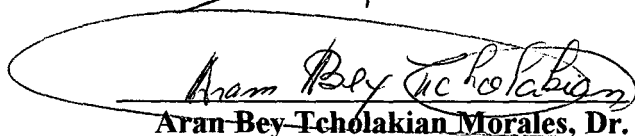
Rosina Weber Lee, Dra., Orientadora



Alejandro Martins, Dr.



Oscar Ciro López Vaca, Dr.



Aran Bey Tcholakian Morales, Dr.

“ O caminho da sabedoria é longo através de preceitos, breve e eficaz através de exemplos”

SÊNECA (55? a.C. – 39? d.C.), Epístolas

Dedico esta dissertação aos meus heróis,
Greg e Gabriel.
Sem eles, seria difícil o caminho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Ricardo Miranda Barcia, PhD, por incentivar a diversidade no mundo Acadêmico e por ter acreditado em mim.

À Professora Dra. Rosina Weber, por sua orientação sempre presente, criteriosa e delicada.

Ao Professor Dr. Alejandro Martins, pelo apoio constante.

Aos Professores do PPGE, por terem facilitado o meu acesso a obras de referência.

À querida e incansável Rita, pelo carinho e atenção.

À Elisângela, pelas respostas certas nas horas certas.

À secretaria do PPGE, pelo apoio.

Ao CNPq, pelo investimento em minha produção científica.

Ao amigo João Flávio, que trabalhou junto a mim no desenvolvimento do sistema.

À Maria Alice, minha companheira neste trabalho, que mesmo à distância contribuiu para a realização desta dissertação.

À minha querida Alice Shimada Bacic pela força e inestimável contribuição na elaboração da apresentação pública.

Ao querido Glauco, que, mesmo sem perceber, contribuiu muito para com a realização deste trabalho.

À minha mãe querida, pelo amor, dedicação, lição de vida e muito mais.

À minha madrinha Sônia, parceira de minha mãe no mais carinhoso “acompanhamento à distância” que uma dissertação de mestrado poderia receber.

Ao Fábio, que escolheu ser um irmão muito especial nesta encarnação.

À querida Stela, incansável e prestativa, que me liberou dos afazeres de casa para que eu pudesse realizar este trabalho.

Às minhas amigas e colegas da Divisão de Nutrição e Dietética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, por termos crescido juntas na profissão e na vida, em especial, à Dra. Janete Maculevicius, pelo incentivo à pesquisa.

A todos os amigos que torceram por mim e me apoiaram, muito obrigada!

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTRIBUIÇÃO	3
1.2. MOTIVAÇÃO.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.4. ORGANIZAÇÃO	4
2. O DOMÍNIO DA NUTRIÇÃO	6
2.1. AS DOENÇAS CRÔNICAS DEGENERATIVAS.....	6
2.1.1. <i>Doenças cardiovasculares</i>	9
2.1.2. <i>Câncer</i>	10
2.1.3. <i>Diabetes mellitus tipo 2</i>	10
2.1.4. <i>Obesidade</i>	11
2.2. O DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL	12
2.2.1. <i>Indicadores de riscos para a saúde: o índice de massa corpórea (IMC) e a relação cintura quadril</i>	16
2.3. A PRESCRIÇÃO DIETÉTICA	19
2.4. O PLANO ALIMENTAR.....	21
2.5 AS DIFICULDADES NA ELABORAÇÃO DE CARDÁPIOS.....	23
2.6. CONCLUSÃO	24
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
3.1. A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	26
3.1.1. <i>Evolução histórica</i>	27
3.1.2. <i>Engenharia do Conhecimento</i>	28
3.1.3. <i>Aquisição do Conhecimento</i>	29
3.1.3.1. <i>Entrevistas não estruturadas</i>	30
3.1.3.2. <i>Entrevistas estruturadas</i>	30
3.1.3.3. <i>Estudo de caso</i>	31
3.1.3.4. <i>Estudo de caso retrospectivo</i>	31
3.1.3.5. <i>Estudo de caso observacional familiar</i>	32
3.1.3.6. <i>Estudo de caso observacional não familiar</i>	32
3.1.4. <i>Representação do conhecimento</i>	34
3.1.4.1. <i>Scripts</i>	35
3.1.4.2. <i>MOPs</i>	35
3.1.4.3. <i>Frames</i>	36
3.1.4.4. <i>Redes Semânticas</i>	36
3.1.4.5. <i>Conceitos, Objetos e Fatos</i>	37
3.1.4.6. <i>Regras</i>	37
3.1.4.8. <i>Grafos Conceituais</i>	37

3.1.4.9. Representações Formulário	38
3.1.5. Formas de Representação do Raciocínio.....	38
3.1.5.1 Raciocínio Não-Monotônico	38
3.1.5.2. Raciocínio Dedutivo.....	39
3.1.5.4. Raciocínio Indutivo	39
3.1.5.4. Raciocínio Abduutivo.....	39
3.1.5.6. Raciocínio Analógico	39
3.1.5.7. Raciocínio de Senso Comum	40
3.1.6. Sistemas Especialistas.....	40
3.1.9. O uso de técnicas computacionais no planejamento de dietas e cardápios: um breve histórico	43
3.1.9. Conclusão de IA.....	45
3.2. O RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS	46
3.2.1. O desenvolvimento de Sistemas de RBC.....	48
3.2.1.1. Recuperação.....	48
3.2.1.2. Avaliação de Similaridade.....	49
3.2.1.3. Indexação.....	50
3.2.1.4. Adaptação.....	51
3.2.1.5. Retenção.....	53
3.2.2. Conhecimento Especialista em RBC.....	54
3.2.3. Casos e base de casos	55
3.2.5. Construção da Memória.....	56
3.2.6. A Memória Prototípica.....	57
3.2.7. Validação e Verificação	60
3.2.8. Vantagens Do RBC	61
3.2.9. Sistemas de planejamento de cardápios baseados no modelo de Raciocínio Baseado em Casos.....	62
3.2.9.1 O CHEF	63
3.2.9.2. O JULIA	64
3.2.9.3. O CAMP.....	65
3.2.10. Diagnóstico e projeto em RBC	67
3.2.10.1. Diagnóstico	67
3.2.10.2. Projeto	68
3.2.10. CONCLUSÃO - RBC.....	70
4. APLICAÇÃO	72
4.1. ARQUITETURA DO SISTEMA	72
4.2. A REPRESENTAÇÃO DOS CASOS	75

4.3. VOCABULÁRIO DE ÍNDICES	77
4.4. AVALIAÇÃO DE SIMILARIDADE	78
4.5. A REUTILIZAÇÃO	80
4.6. EXEMPLO	80
4.7. CONCLUSÃO	87
5. A MEMÓRIA PROTOTÍPICA	88
5.1. A CONSTRUÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA	88
5.2. A CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS	89
4.2.1. <i>Primeiros testes com os protótipos</i>	91
5.2.2. <i>Os protótipos definitivos</i>	92
5.3. VALIDAÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA.....	95
5.4. CONCLUSÃO.....	96
6. CONCLUSÃO.....	98
6.1. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
APÊNDICE	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais causas de mortes e suas porcentagens nos EUA.....	7
Tabela 2: Métodos de avaliação do consumo alimentar.....	15
Tabela 3: Os tipos de Sistemas Especialistas segundo a tarefa e a aplicação.....	38
Tabela 4: Sistemas de projeto desenvolvidos em RBC.....	69
Tabela 5: Equações para calcular a TMB a partir do peso corporal ideal.....	Apêndice
Tabela 6: Tabela 6: Fatores para estimativa do gasto energético de acordo com vários níveis de atividade física para homens e mulheres (entre 19 e 50 anos).....	Apêndice

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Prevalência de obesidade na América Latina (IMC>25kg/m ²).....	12
Figura 2: O ciclo de RBC.....	47
Figura 3: Arquitetura do sistema.....	73
Figura 4: Tela de entrada no sistema com os dados pessoais.....	81
Figura 5: Protótipo recuperado.....	82
Figura 6: Caso candidato recuperado.....	83
Figura 7: Sugestão de prescrição dietética.....	84
Figura 8: Sugestão de cardápio com 2300 Calorias, pobre em colesterol e rica em fibras.....	85
Figura 9: Recomendações nutricionais.....	86
Figura 10: Medida de similaridade na recuperação de um protótipo.....	96

RESUMO

A experiência, em Nutrição, pode ser expressa através de uma consulta nutricional com indivíduo que apresenta algum fator de risco à saúde associado à alimentação. O diagnóstico de risco nutricional é determinado de acordo com alguns sintomas e o seu tratamento consiste de um programa nutricional em conformidade com as necessidades, preferências e adequação nutricional do indivíduo. Esta dissertação propõe um sistema que auxilia o especialista em Nutrição na prescrição de planos alimentares utilizando uma metodologia de Inteligência Artificial (IA), o Raciocínio Baseado em Casos (RBC). A utilização da memória prototípica permite a implementação de uma base de casos que compreende as principais categorias de risco nutricional para doenças crônicas e degenerativas e as suas respectivas prescrições dietéticas. As fases para o desenvolvimento do sistema proposto são: construção da memória prototípica, desenvolvimento de protótipos, aquisição de casos, extração de conhecimento para adaptação e validação da memória prototípica. Para a construção dos protótipos é necessário o conhecimento do especialista que são beneficiados pela facilidade de representação do conhecimento, uma das principais vantagens dos sistemas de RBC. A memória prototípica foi validada alcançando resultados satisfatórios. Isto demonstra a sua aplicabilidade para a resolução do problema proposto: diagnóstico e prescrição. Futuramente, o sistema será programado para efetuar a adaptação, integrando casos novos conforme a avaliação do especialista em Nutrição. Pretende-se que na versão final o sistema execute a adaptação de forma automática. A implementação de um método eficiente de adaptação permite uma aprendizagem consistente, contribuindo para a robustez do sistema.

ABSTRACT

The nutritional experience can be expressed as an individual who has a nutritional disorder that is classified according to some symptoms and who deserves a special nutritional program in conformity with the needs, goals and adequacy. This paper describes a system aimed at prescribing nutritional programs to chronic diseases using a Case-Based Reasoning (CBR) system. The use of a prototypical memory enables the implementation of a case base that comprises every important category of nutritional risks and their dietetic prescription. The overall project consists of several phases, aiming at different purposes, namely: building prototypical memory, prototyping, acquiring cases, adaptation knowledge elicitation, programming the final version. Although our prototype requires expert knowledge to be acquired, one always benefits from the ease representation provided by CBR systems. Satisfactory results of the prototypical memory's validation have demonstrated its applicability to reach to proposed goals: diagnosis and prescription. The future development is acquired adaptation knowledge to be performed automatically also enabling an automatic integration to the new cases (learning) after an evaluation confirmed by an expert's feedback. The final version of the system integrates the automatic adaptation phase. Besides, since an efficient adaptation method can be implemented, with knowledge acquired from adaptation experiences, learning gains consistency contributing to the increasing robustness of the system.

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação propõe a criação de um sistema computacional capaz de prescrever planos alimentares a partir do diagnóstico nutricional para a prevenção e tratamento de doenças crônicas degenerativas, utilizando uma ferramenta de Inteligência Artificial (IA), o Raciocínio Baseado em Casos (RBC).

A elaboração de dietas é a principal tarefa desenvolvida pelos profissionais de Nutrição. Ela é precedida pela realização do diagnóstico nutricional. O diagnóstico nutricional é obtido através da coleta e análise de informações antropométricas, bioquímicas, clínicas, dietéticas e psicossociais pertinentes ao estado nutricional do cliente (Krause, 1995). Ele orienta as atividades de intervenção, incluindo a prescrição dietética e a orientação nutricional (Reis, 1991). A hipótese diagnóstica deve ser confirmada ou rejeitada a partir da observação evolutiva do paciente e do seu comportamento perante a conduta dietoterápica.

A conduta dietoterápica traduz-se na prescrição de um plano alimentar. O plano alimentar é o conjunto formado pela prescrição dietética individualizada, segundo guias de recomendações nutricionais e cardápios diários com sugestões de substituições por equivalentes calóricos. A prescrição do plano alimentar não deve levar em conta apenas os preceitos nutricionais; devem ser considerados também os hábitos e preferências alimentares para que se possa conseguir, por parte do cliente, um acompanhamento mais prazeroso da dieta proposta (Queiroz, 1988; Garcia, 1989). Como pode-se observar, a prescrição de um plano alimentar é uma tarefa complexa pois, além dos fatores nutricionais, envolve aspectos biopsicossociais do indivíduo.

Os sistemas computacionais de RBC utilizam as experiências contidas na memória para responder a questões referentes a novos problemas. A experiência, no domínio da Nutrição, é representada pela consulta nutricional. Ao comparar consultas de

pacientes com características semelhantes, o sistema de RBC pode diagnosticar riscos nutricionais e prescrever um plano alimentar individualizado para um novo paciente, sem refazer o processo de raciocínio anteriormente empregado.

O conhecimento do especialista em Nutrição é obtido através da teoria e de experiências práticas. Assim, planos alimentares já indicados para pacientes podem ser aplicados a novos pacientes que apresentem características similares às dos já atendidos. A compreensão desse fato é de fundamental importância para a escolha do modelo computacional a ser utilizado na execução da tarefa de prescrição dietética.

Desde os anos 60, através de programas computacionais, têm-se buscado auxiliar o nutricionista no cálculo de nutrientes e no planejamento de cardápios. (Balintify, 1964; Eckstine, 1967). A utilização cada vez maior de ferramentas computacionais na execução dessas tarefas vem disponibilizando ao nutricionista o tempo necessário para que desenvolva atividades de aprimoramento profissional e se atualize com o uso de novas tecnologias no campo da Nutrição. (Frank, G. C, 1986; Feskanich, D., 1988; Buzzard M., 1991, Lee, R. D., Nieman, D. C., Rainwater, 1995; Biesemeier, 1997). Porém, sistemas inteligentes capazes de realizar em conjunto as tarefas de diagnóstico nutricional e de prescrição de planos alimentares ainda não foram desenvolvidos.

É importante salientar que o diagnóstico em Nutrição e a prescrição de planos alimentares devem ser classificados em categorias de risco nutricional. Um paciente submetido a uma grande cirurgia, por exemplo, apresenta graus de risco nutricional diferentes daqueles apresentados por um paciente acometido por diabetes tipo 2 (que não dependem de insulina injetável). Por esse motivo, para o desenvolvimento do presente sistema, decidiu-se optar por uma única categoria de doenças cuja ocorrência apresenta íntima relação com a alimentação: as doenças crônicas degenerativas. A obesidade e a sua relação com as doenças crônicas degenerativas, entre elas, diabetes, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer, representam a maior causa de morbidade e mortalidade no mundo. O acúmulo de evidências que ligam a alimentação às doenças crônicas degenerativas tem obrigado os especialistas a focar a Nutrição como forma de controlar e prevenir seu avanço (Padilla, 1994; Blumberg, 1997).

1.1. CONTRIBUIÇÃO

O presente sistema pretende levar contribuições aos domínios da Nutrição e da Engenharia de Produção. No domínio da Nutrição, auxiliando o especialista na tarefa de prescrição dietética, através do diagnóstico nutricional das doenças crônicas degenerativas, principais causas de mortes neste final de século. O sistema procura fornecer respostas rápidas e confiáveis ao usuário quanto ao diagnóstico do risco nutricional e à prescrição de planos nutricionais individualizados. No domínio da Engenharia de Produção, na área de Inteligência Aplicada, o sistema desenvolvido oferece uma metodologia que busca solucionar alguns problemas comuns na construção de sistemas inteligentes:

- Aquisição do conhecimento;
- Agilidade na obtenção de soluções;
- Adaptação de soluções.

Soluções alternativas foram propostas para administrar cada um desses tópicos, normalmente reconhecidos como gargalos no desenvolvimento de sistemas inteligentes. Os autores Schneider e Gierl (1997) acreditam ser possível implementar em sistemas de RBC a representação do raciocínio empregado pelos médicos na tarefa de diagnóstico. Por extensão, o RBC pode ser aplicado também ao domínio da Nutrição, assim como a qualquer área do conhecimento que efetue a tarefa de diagnóstico.

1.2. MOTIVAÇÃO

A prescrição de dietas através de diagnóstico nutricional é uma tarefa que pode ser realizada através da classificação dos riscos nutricionais. Os riscos nutricionais podem ser classificados em categorias ou protótipos que apontam para uma prescrição dietética. Este fato motivou a utilização da Memória Prototípica, empregada inicialmente no sistema PROTON, desenvolvido por Bareiss e Slator (1991).

A motivação para a utilização desse modelo de memória é buscar as soluções para os citados gargalos dos sistemas inteligentes:

- incrementando a aquisição de conhecimento;
- facilitando o processo de busca;
- adquirindo o conhecimento necessário ao bom desempenho do sistema.

O emprego da Memória Prototípica permite a implementação de uma base de protótipos que compreende as mais importantes categorias de prescrição dietética associadas a um diagnóstico nutricional. Desse modo, faz-se uma primeira busca para verificar em que categoria de prescrição dietética o caso de entrada (indivíduo a receber uma prescrição dietética) se classifica. Depois, o caso mais similar, contido naquele protótipo é recuperado, apontando a melhor solução para o caso de entrada.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é auxiliar nutricionistas através do desenvolvimento de um sistema inteligente capaz de contribuir nas tarefas de diagnóstico e prescrição. Para atingir esta meta, procurou-se:

- Representar o conhecimento do especialista em Nutrição;
- Modelar o raciocínio de especialistas em Nutrição frente às tarefas de diagnóstico nutricional e de prescrição de dietas;
- Representar a consulta em Nutrição usando o paradigma de RBC;
- Resolver o problema de aquisição de conhecimento;
- Buscar meios de agilizar a recuperação de casos no sistema.

1.4. ORGANIZAÇÃO

A presente dissertação compreende a descrição do domínio da Nutrição no capítulo 2, enfocando as doenças crônicas degenerativas, o diagnóstico nutricional, a prescrição dos planos alimentares e as dificuldades encontradas na elaboração de

cardápios. O capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica em Inteligência Artificial, dando destaque aos sistemas baseados em conhecimento, como os Sistemas Especialistas e os desenvolvidos segundo a metodologia do Raciocínio Baseado em Casos. O capítulo 4 trata da aplicação dos conhecimentos para a construção do sistema e propõe a utilização da Memória Prototípica para superar os obstáculos encontrados durante o seu desenvolvimento. O capítulo 5 descreve a Memória Prototípica, demonstra a sua construção, apresenta a realização de testes com os protótipos e como chegou-se aos protótipos definitivos. Uma seção de exemplo expõe como o sistema executa a tarefa de diagnóstico através da classificação e a prescrição de planos alimentares através da tarefa de projeto. A proposta de validação da Memória Prototípica encerra o capítulo 5 e a presente dissertação.

2. O DOMÍNIO DA NUTRIÇÃO

A Nutrição pode ser definida como o processo pelo qual ingerimos os nutrientes essenciais e os usamos para obter outras substâncias de que o nosso corpo necessita (Wenck, Baren e Dewan, 1983). Ela desempenha um papel multidimensional na qualidade de vida porque contribui para o bem estar físico, psicológico e interpessoal (Padilla, 1994). O conceito da Boa Nutrição implica em ingerir alimentos que contenham nutrientes essenciais nas quantidades necessárias à manutenção dos processos de funcionamento do corpo e conseqüente promoção da saúde. Contudo, nem sempre isso é possível, pois existem fatores internos e externos que interferem na alimentação humana.

O acúmulo de evidências que ligam a alimentação a doenças, particularmente as doenças crônicas degenerativas, tem obrigado os especialistas a enfocar a Nutrição preventiva como forma de controlar e prevenir o avanço dessas doenças (Blumberg, 1997). As doenças crônicas degenerativas constituem a maior causa de morbidade e mortalidade neste final de século. Na próxima seção esta categoria de doenças é abordada com maior profundidade, descrevendo a sua incidência, prevalência e os principais tipos.

2.1. AS DOENÇAS CRÔNICAS DEGENERATIVAS

A incidência de doenças que atingem a população mundial modificou-se ao longo deste século. Os males que afetavam a humanidade no início do século eram em sua maioria, doenças agudas, como as infecciosas e parasitárias. Os jovens eram os mais atingidos por essas doenças.

Contudo, com a crescente industrialização, a descoberta de medicamentos potentes contra os agentes infecciosos e a melhoria das condições de saneamento básico,

este quadro foi sendo alterado. Todos esses processos implicaram em melhorias na qualidade de vida e conseqüente aumento da expectativa de vida. Neste final de século, as moléstias que apresentam altas taxas de morbidade e mortalidade são as doenças crônicas degenerativas (Blumberg, 1997). Devido ao aumento da expectativa de vida, os mais atingidos pelas doenças crônicas são os idosos. Cerca de 75% das mortes de pessoas com idade em torno de 65 anos, nos estados Unidos, são decorrentes de doenças cardíacas, câncer e doenças vasculares cerebrais (WHO, 1990). Os dados da tabela a seguir mostram as principais causas de mortes e suas porcentagens nos EUA.

Tabela: 1 Total estimado das principais causas de mortes e suas porcentagens nos EUA.

Colocação	Causa de mortes	Número	Total de mortes (%)
1º <i>a</i>	Doenças cardíacas	759.400	35,7
	- doenças cardiovasculares	511.700	24,1
	- outras doenças do coração	247.700	11,6
2º <i>a</i>	Câncer	476.700	22,4
3º <i>a</i>	Derrame (AVC)	148.700	7,0
4º <i>b</i>	Acidentes de trânsito	92.500	4,4
5º	Doenças obstrutivas do pulmão	78.000	3,7
6º	Pneumonia e gripe	68.600	3,2
7º <i>a</i>	<i>Diabetes mellitus</i>	37.800	1,8
8º	Suicídio	29.600	1,4
9º <i>b</i>	Doenças do fígado e cirrose	26.000	1,2
10º <i>a</i>	Aterosclerose	23.100	1,1
Todas as causas		23.100	100,0

Legenda: *a*: causa de mortes com relação à dieta

b: causa de mortes por excessivo consumo de álcool.

Segundo os dados da Tabela 1, a doença cardiovascular é a principal causa de mortes nos EUA, constituindo-se em 24% do total. Além disso, os dados mostram que 72,4% das causas de mortes da população foram provocadas por doenças que apresentam comprovada relação com a alimentação: doenças cardíacas, câncer, derrame, *diabetes mellitus*, e aterosclerose. Segundo os dados apresentados, ainda pode-se inferir que aproximadamente 5,6% das causas de mortes foram provocadas por doenças ou problemas relacionados com a alimentação: as doenças do fígado e acidentes de trânsito ambos provocados pela excessiva ingestão de álcool.

Esta estatística não difere muito da apresentada no Brasil. Segundo dados do Ministério da Saúde (1999), cerca de 38% das mortes da população na faixa etária acima dos 65 anos correspondem a doenças do aparelho circulatório. Nessa porcentagem estão incluídas as doenças cerebrovasculares (32%), doenças isquêmicas do coração (29%) e infarto agudo do miocárdio (21%). Todas essas doenças possuem relação comprovada com altos índices de colesterol no sangue. Já as doenças hipertensivas, relacionadas ao colesterol e ao alto consumo de sal, contam com 3%. O Diabetes mellitus conta com 4% das causas de morte nessa mesma população.

Estes são dados alarmantes, pois além de serem as principais causas de mortes, essas doenças representam queda substancial na qualidade de vida. Estudos comprovam que a associação entre a obesidade e as doenças crônicas degenerativas, como *diabetes mellitus*, hipertensão arterial e hiperlipidemia, constitui fator de extrema importância para a redução da qualidade e da expectativa de vida (Lottenberg, 1995). Isto ocorre devido a complicações tão comuns na evolução dessas doenças, que muitas vezes levam à incapacitação do indivíduo.

Pesquisas realizadas pela *American Heart Association* (1997) apontam que as medidas preventivas, principalmente no que se refere à mudança de hábitos alimentares e estilo de vida, têm efeito positivo e comprovado na qualidade de vida. A adoção de hábitos alimentares saudáveis e atividade física constante aumentam as chances de longevidade livre de doenças coronarianas, derrames e diabetes mellitus, proporcionando melhor qualidade de vida (Goya, 1998).

A vida agitada nos grandes centros urbanos tem provocado mudanças substanciais na alimentação e no estilo de vida (Razowski e Moreno, 1997). As pessoas tem optado cada vez mais por uma alimentação rápida e prática, o *fast-food*. Contudo, este tipo de alimentação é muito rico em gorduras saturadas e proteínas, acarretando em aumento do risco nutricional para as doenças crônicas degenerativas. Além disso, existe uma tendência acentuada ao sedentarismo, provocada pela diminuição de exercícios físicos. Por isso, os pesquisadores têm focado a prevenção de doenças crônicas degenerativas através da adoção de uma alimentação saudável e balanceada, juntamente com a prática de exercícios, visando uma melhor qualidade de vida (McArdle, 1992; Raidl, 1995; AHA, 1997). A seguir, são apresentadas as doenças crônicas degenerativas que possuem relação com a alimentação, salientando as suas causas, incidência e medidas de prevenção relacionadas com a Nutrição.

2.1.1. Doenças cardiovasculares

A incidência de doenças cardiovasculares é responsável por aproximadamente 24% das mortes nos EUA (Blumberg, 1997) e 38% das mortes no Brasil (Ministério da Saúde, 1999). Isto se deve a hábitos alimentares errôneos e à crescente tendência ao sedentarismo, comuns nos grandes centros de países desenvolvidos, como os EUA. A importação desses hábitos para países em desenvolvimento, como o Brasil, tem levado a um aumento crescente de doenças cardiovasculares.

O ponto de partida para a redução dos níveis de risco do colesterol sérico, segundo a *American Heart Association*, (1990) e Assis, (1997), é a mudança de estilo de vida com relação a:

- Hábitos alimentares, particularmente com a redução das gorduras saturadas e o aumento de fibras solúveis;
- Prática de atividade física regular

2.1.2. Câncer

O câncer é responsável por 22% das mortes nos EUA (Blumberg, 1997) e 13% no Brasil (Ministério da Saúde, 1999). É considerada a terceira causa de mortes e possui íntima relação com hábitos alimentares. Ao contrário das doenças cardíacas, a sua taxa vem aumentando. A incidência de tipos de câncer associados à alimentação (mama, cólon e próstata) aumentou. Vários estudos indicam que a excessiva ingestão de gorduras é um fator de risco para alguns tipos de câncer, principalmente o câncer de mama, cólon, próstata, reto e ovários. Outros componentes da alimentação aparecem como risco potencial de câncer: os defumados, embutidos e agentes contaminantes como as aflatoxinas e compostos N-nitrosos.

Os padrões dietéticos que caracterizados pelo alto consumo de fibras estão associados à baixa ocorrência de certos tipos de câncer, principalmente mama e cólon. Estudos demonstram que as frutas, os vegetais amarelos e verdes são alimentos que contribuem para a prevenção do câncer, pois são fontes de substâncias antioxidantes.

2.1.3. *Diabetes mellitus* tipo 2

O diabetes tipo 2 (não-insulino dependente) não é o mais grave, mas é de mais difícil diagnóstico, pois os sintomas raramente aparecem na sua fase inicial. Estima-se que 4 a 5 milhões de pessoas são portadoras de diabetes não diagnosticada. As complicações mais comuns são neuropatia, retinopatia e doença cardiovascular, que muitas vezes advêm de um diagnóstico tardio ou de um acompanhamento errôneo do tratamento por parte dos pacientes. Essas complicações têm um impacto negativo sobre a expectativa de vida ativa, debilitando ou incapacitando os seus portadores.

A obesidade é um fator importante na prevalência do diabetes tipo 2. A dieta balanceada, o controle do peso e os exercícios físicos são capazes de normalizar a glicemia e podem minimizar os efeitos deletérios do diabetes. O aconselhamento

dietético para diabéticos consiste em diminuir o consumo de carboidratos, principalmente os carboidratos simples, dando preferência à ingestão dos provenientes das frutas e vegetais, em aumentar a ingestão de fibras solúveis, em reduzir as gorduras da dieta, principalmente as saturadas, e em evitar um alto consumo de proteínas.

2.1.4. Obesidade

A obesidade é um distúrbio nutricional relacionado com o excesso de ingestão de calorias. Ela está associada a outras doenças, como as doenças coronarianas, hipertensão, *diabetes mellitus*, dislipidemias, doenças da vesícula biliar, osteoporose e alguns tipos de câncer, aumentando a morbidade e a mortalidade (Pisunyer, 1991). Este distúrbio, muito comum em países desenvolvidos, visto que a sua maior causa é o excesso de ingestão de alimentos, tem atingido, também, nos países em desenvolvimento. Com a crescente globalização, têm-se assistido a um aumento dramático na prevalência de obesidade nos países em desenvolvimento. Isto se deve a mudança de hábitos alimentares e estilo de vida em toda a América Latina. Estes países estão incorporando hábitos alimentares dos países mais industrializados. De fato, esta tendência, chamada de “ocidentalização da Nutrição” (*nutritional westernization*), vem se caracterizando pelo aumento do consumo de *fast-food* e por uma tendência à diminuição da atividade física (Razowski e Moreno, 1997). A incorporação dessa mudança de hábitos alimentares nas regiões da América Latina tem propiciado o aumento das taxas de doenças crônicas degenerativas em contraposição à das doenças infecto-contagiosas, as maiores responsáveis pela mortalidade no passado. Existem estudos que permitem a comparação da prevalência da obesidade em muitos países da América Latina. O indicador de obesidade escolhido na pesquisa foi o Índice de Massa Corporal acima de 25kg/m² e os resultados podem ser demonstrados na figura a seguir.

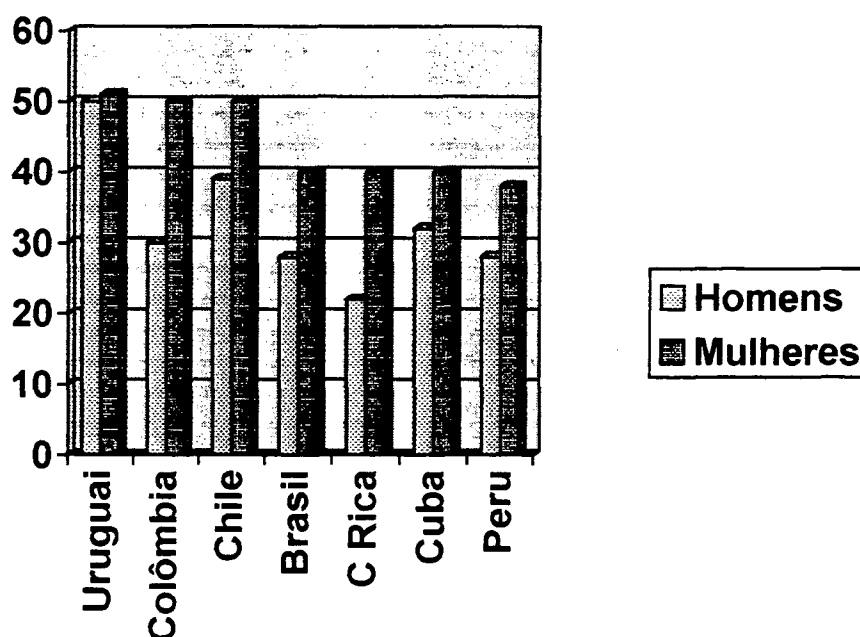


Figura 1: Prevalência de obesidade na América Latina (IMC > 25 kg/m²).

Os resultados apresentados na Figura 1 são alarmantes. Verificou-se uma alta prevalência de obesidade, principalmente com relação ao sexo feminino, em todos os países estudados. No Brasil, a prevalência de obesidade é maior no sexo feminino, enquanto no Uruguai encontramos uma prevalência de obesidade semelhante em homens e mulheres. Tais resultados demonstram que são necessárias medidas urgentes para que a população se conscientize dos males de uma dieta rica em gorduras e proteínas. Cabe aos especialistas em Nutrição alertar para a importância de uma alimentação adequada, balanceada e variada (Meisler, et al., 1996). Na próxima seção apresentamos a importância do diagnóstico nutricional na prevenção e no tratamento das doenças crônicas degenerativas que apresentam relação com a alimentação.

2.2. O DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL

O cuidado nutricional individual é muito importante na prevenção e no tratamento das doenças relacionadas com a alimentação, como é o caso das doenças crônicas degenerativas. O estabelecimento de uma conduta dietética adequada depende

do diagnóstico nutricional para avaliar a existência de fatores de risco nutricional (Krause e Mahan, 1995). O risco nutricional é o potencial prejuízo que uma alimentação inadequada, associada a fatores hereditários ou não, pode ocasionar a um indivíduo. A determinação do diagnóstico nutricional é efetuado durante uma consulta com especialistas. A consulta em Nutrição consta de quatro etapas:

- coleta de informações;
- análise das informações obtidas;
- estabelecimento do plano de ação;
- determinação da conduta dietoterápica.

A finalidade do diagnóstico nutricional é verificar a influência da alimentação na saúde do indivíduo. Isto é obtido através da avaliação do estado nutricional. As finalidades da avaliação nutricional são identificar distúrbios nutricionais, estabelecer valores básicos para avaliar a eficácia de planos alimentares e reconhecer, precocemente, potenciais riscos à saúde devido a fatores nutricionais.

Através de uma consulta, o especialista em Nutrição coleta informações pertinentes ao estado nutricional do indivíduo. Os instrumentos necessários para a obtenção do diagnóstico nutricional são história dietética, dados antropométricos, bioquímicos, antecedentes médicos, antecedentes familiares, histórico alimentar e fatores psicossociais.

- O histórico do consumo alimentar feito através de anamnese alimentar indica a presença de hábitos alimentares errôneos que podem interferir no estado nutricional do indivíduo;
- Dados antropométricos obtidos através das medidas de altura, peso e/ou dobras cutâneas. Fornecem informações sobre a massa e a distribuição de gordura corpórea;
- Os exames bioquímicos indicam o estado nutricional através do estado metabólico do indivíduo, entre eles: glicemia, colesterol sérico, hemograma etc.;
- Os antecedentes médicos indicam patologias que podem estar associadas à alimentação, como por exemplo, diabetes, obesidade, hipertensão, anemia ferropriva etc.;

- Os antecedentes familiares indicam se os parentes próximos apresentam doenças que podem ser transmitidas por hereditariedade, como por exemplo, as acima citadas;
- A determinação de fatores psicossociais, como ansiedade, depressão, condição sócio-econômica que podem interferir na alimentação.

A análise conjunta desses dados conduz ao diagnóstico nutricional e à determinação de uma conduta dietética específica. A prescrição dietética é definida como uma intervenção que implica na melhoria da saúde do indivíduo através de uma dieta. O plano alimentar envolve a prescrição de uma dieta adequada e balanceada e a sugestão de cardápios. Esta dieta deve levar em consideração a composição de nutrientes dos alimentos, equilíbrio entre quantidade e qualidade dos nutrientes, ingestão de alimentos e refeições do dia, respeitando a adequação e as preferências individuais (Krause, 1995).

A determinação do diagnóstico nutricional é uma tarefa complexa que envolve muitos fatores interligados. Por esse motivo, nutricionistas do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo iniciaram uma discussão sobre a definição do diagnóstico nutricional, propondo que a principal pergunta a ser respondida na determinação do diagnóstico nutricional é: “a anamnese alimentar justifica ou pode justificar o estado nutricional do doente?” Segundo o estudo realizado, a conduta nutricional deve ser orientada pelo diagnóstico nutricional, por isso, a determinação do diagnóstico deve preceder o estabelecimento da conduta. A hipótese diagnóstica deve ser confirmada ou rejeitada a partir da observação evolutiva do paciente e do seu comportamento perante a conduta dietoterápica. (Baxter, Borghi e Maculevicius, 1993).

O conhecimento dos hábitos alimentares do indivíduo também é de fundamental importância para o diagnóstico nutricional. Muitas vezes hábitos alimentares errôneos podem levar ao aparecimento de doenças, principalmente as crônicas degenerativas, que poderia ser evitada. Segundo Pennington (1991), existem oito métodos de avaliação do consumo alimentar:

Tabela 2: Métodos de avaliação do consumo alimentar (Pennington, 1991)

-
- **Despesa nacional de alimentos** – dados da produção nacional de alimentos e de importação, subtraídos os alimentos exportados, desperdícios, armazenamento e utilização não humana de alimentos. Os resultados expressam a disponibilidade de alimentos para o consumo individual por dia;
 - **Despesa familiar com alimentos** – alimentos adquiridos e utilizados no período de uma semana por uma família, subtraídas as doações, o desperdício e o consumo de alimentos por hóspedes. O resultado é dividido pelo número de moradores, expressando o consumo de alimento individual por dia.
 - **Anamnese alimentar a** – entrevista sobre a utilização de alimentos, preparações, tamanho das porções, preferências alimentares etc. Inclui um recordatório de 24 horas ou frequência de alimentos.
 - **Frequência de alimentos** (quantitativa ou qualitativa) – questionário contendo uma lista de alimentos, com a indicação da frequência do consumo diário, semanal ou mensal. As porções dos alimentos devem ser indicadas.
 - **Recordatório de 24 horas** – entrevista baseada na descrição detalhada do consumo alimentar em 24 horas, constando tipo de alimento, preparações e porcionamento.
 - **Questionário de alimentos** – Informações sobre o tipo de alimento, quantidade e horários de refeições por um ou mais dias.
 - **Consumo mensurado de alimentos** – são considerados o tipo de alimento e a quantidade, sendo que as porções de alimentos são pesadas em balanças de precisão, antes do seu consumo. Semelhante ao questionário de alimentos, mas com informações mais apuradas.
 - **Porcionamento duplicado b** – o indivíduo faz uma duplicata exata dos alimentos consumidos e coloca num recipiente durante um ou mais dias. Os alimentos são homogeneizados para a análise de nutrientes e/ou agentes contaminantes. Um questionário é preenchido juntamente com a coleta dos alimentos, descrevendo o tipo e a quantidade consumida.
-

a, na realidade, não é um método único, pois reúne informações sobre frequência de alimentos e de questionários.

b, na realidade, não é um método para avaliação do consumo alimentar, mas sim uma forma de obter amostras de alimentos para a análise laboratorial.

Contudo, o registro e a avaliação do consumo alimentar são os mais difíceis aspectos a serem considerados na avaliação nutricional, devido a alguns fatores:

- O indivíduo pode não lembrar exatamente o que ingeriu e em qual quantidade;
- A ingestão alimentar do dia anterior pode ter sido atípica;
- Por diferentes razões, o indivíduo pode não dizer a verdade.

Estes fatores ainda constituem um desafio até mesmo para especialistas. Somente através da prática torna-se possível avaliar as respostas fornecidas pelos pacientes, possibilitando a determinação de um diagnóstico mais preciso sobre a relação entre a alimentação e o estado nutricional do indivíduo.

A verificação da adequação de energia e nutrientes da dieta ingerida pelo indivíduo é feita com base em padrões nutricionais preestabelecidos como, por exemplo, o *Recommended Dietary Allowances* (RDA) (National Research Council, 1989). Os padrões de recomendações nutricionais são utilizados para orientar o cálculo de dietas para pessoas saudáveis e para verificar a adequação da alimentação referida pelo paciente em inquéritos sobre o consumo alimentar. Os parâmetros utilizados pelo RDA são idade, sexo, peso ideal, atividade física. Contudo, cabe ressaltar que os padrões são baseados em estudos populacionais e podem superestimar as necessidades nutricionais de um indivíduo.

2.2.1. Indicadores de riscos para a saúde: o índice de massa corpórea (IMC) e a relação cintura quadril

Muitos profissionais da saúde, incluindo médicos e nutricionistas, buscam relacionar os níveis de obesidade ao risco para a saúde. O peso como um parâmetro isolado, embora seja frequentemente obtido como parte da rotina de consultórios, não

constitui uma boa informação sobre esta relação. Quando o peso é relacionado a outros parâmetros, como o IMC e a circunferência abdominal, pode-se obter uma estimativa da sua associação com o risco à saúde. Estas informações são muito importantes no acompanhamento do controle da obesidade e devem ser coletadas rotineiramente (Rippe, Crossley and Ringer, 1998). A utilização de indicadores de risco nutricional está cada vez mais sendo preconizada em estudos populacionais. O Índice de Massa Corpórea e a Relação cintura/quadril constituem os indicadores de risco nutricional mais utilizados devido à sua fácil obtenção e a precisão nos resultados

A utilização do Índice de Massa Corpórea (IMC) na avaliação do risco à saúde é o instrumento mais prático para orientar o tratamento da obesidade e é considerada a melhor estimativa da relação entre obesidade e o risco nutricional (St Jeor, 1997; Spiegelman, 1992). Constitui uma ferramenta importante e fácil de ser obtida para o diagnóstico nutricional. Ele é calculado da seguinte forma:

$$\text{peso}/(\text{altura})^2$$

onde:

peso \Rightarrow peso atual em kg;

altura \Rightarrow em metros, elevada ao quadrado.

A definição de faixas de IMC saudáveis (IMC=19 a 25) é aceita pela Organização Mundial da Saúde (1997) e está baseada na avaliação do risco da obesidade (Meisler et al, 1996) em ocasionar doenças crônicas degenerativas. O IMC pode classificar o indivíduo em:

- Desnutrição: <18,5
- Eutrofia : 18,5 – 24,9
- Sobrepeso: 25 – 30
- Obesidade moderada: 30 – 40
- Obesidade mórbida: > 40

A relação cintura/quadril é o índice mais utilizado para averiguar a distribuição local de tecido adiposo regional. A circunferência da cintura é determinada na área mais estreita, acima do umbigo e a do quadril, sobre a área máxima dos glúteos (Assis, 1997). Os valores de circunferência da cintura acima de 100cm são considerados potencialmente aterogênicos, ou seja, podem indicar maior deposição de colesterol nas artérias. Os valores limiares sugeridos como adequados para a relação da circunferência cintura/quadril são:

- 0,8 para mulheres de meia idade ou idosas
- 0,9 para homens

Valores superiores são considerados fatores de risco de doença cardiovascular, apresentando correlação positiva com a mortalidade cardiovascular em homens e mulheres (Pouliot, 1994).

Embora a relação cintura quadril tenha sido bastante empregada para estimar a distribuição de gordura corpórea, a literatura recente sugere que a circunferência abdominal pode indicar uma melhor correlação com doenças crônicas e degenerativas e a ocorrência de adiposidade na região central do corpo (Poillot et al, 1994). Fortes correlações foram observadas com o risco para diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, hipertensão e dislipidemias (Despres, 1993; Poillot et al, 1992). Quanto maior for a medida da circunferência abdominal, maior é o risco de se adquirir doenças crônicas e degenerativas.

A distribuição regional da gordura corporal é um indicador de risco nutricional muito importante. Estudos revelam que existe uma íntima relação com o tipo de distribuição regional de gordura corporal e a ocorrência de doenças cardiovasculares (Assis, 1997). Os tipos de distribuição de gordura corporal dividem-se em: abdominal, conhecida como andróide, e no quadril, denominada ginecóide. O tipo de distribuição de gordura corporal que apresenta maior relação com o aparecimento de doenças cardiovasculares é o andróide.

Conhecendo-se o grau de risco nutricional ao qual o indivíduo está submetido, o passo seguinte é o estabelecimento da conduta dietética, que consiste na prescrição de

uma dieta individualizada e adequada nutricionalmente, na orientação da dieta prescrita e no acompanhamento evolutivo do paciente.

2.3. A PRESCRIÇÃO DIETÉTICA

Após efetuar o diagnóstico nutricional, o profissional de Nutrição elabora uma prescrição dietética individualizada, compatível com o paciente. Para tanto, são seguidos guias de recomendações nutricionais. O *Recommended Dietary Allowances* (RDA) (National Research Council, 1989) é o guia alimentar mais utilizado para a definição das recomendações nutricionais.

Alguns itens propostos pela *American Dietetic Association* (ADA) também devem ser considerados na elaboração das dietas:

- Não existem alimentos “bons ou maus”;
- As chaves para uma boa dieta são o balanceamento, a variedade e a moderação;
- Deve-se encarar a dieta como um todo e não como alimentos em separado;
- A escolha adequada de alimentos deve ser encorajada;
- A atividade física regular é um componente essencial para a boa saúde.

A prescrição dietética deve conter a recomendação de calorias, a porcentagem de carboidratos, proteínas e lipídios com relação ao valor calórico total da dieta, a quantidade de ácidos graxos saturados, poliinsaturados e monoinsaturados, colesterol, fibras e líquidos. Para atender a estas recomendações específicas deve ser elaborado um cardápio individualizado para cada paciente, indicando recomendações gerais para uma alimentação equilibrada e balanceada.

Na fase inicial de perda de peso sugere-se que o consumo de calorias da dieta não seja inferior a 800 Cal/dia. Um estudo feito por Foster et al (1992) comprovou que não há diferenças significativas de perda de peso quando são empregadas dietas inferiores a 800 Cal/dia. Dietas com quantidades adequadas de energia provocam perdas de peso satisfatórias e minimizam os efeitos adversos de dietas muito reduzidas em calorias.

Quanto às proteínas, recomenda-se que a dieta forneça quantidades suficientes para a manutenção do balanço de nitrogênio. O RDA sugere que numa dieta de 2000 a 2500 Cal/dia com boa qualidade em proteínas deva fornecer cerca de 50g de proteínas para mulheres e 63g para homens. Durante a fase de restrição calórica, no caso de obesos, sugere-se que seja consumida pelo paciente uma dieta que forneça cerca de 72 a 80g de proteínas por dia. Pacientes que ingerem poucas quantidades de proteínas (menos de 40g) ou consomem proteínas de baixa qualidade apresentam risco de desenvolver arritmias ventriculares (Pi- Sunyer, 1993).

Os carboidratos previnem a perda de massa magra. Contudo o seu consumo não deve ser excessivo. Uma dieta deve conter cerca de 100g de carboidratos no mínimo por dia para prevenir a cetose. A utilização de uma dieta pobre em carboidratos pode levar à hiperuricemia. Os corpos cetônicos produzidos pela oxidação da gordura numa dieta hipocalórica competem com os uratos pela reabsorção tubular dos rins, resultando numa elevação do ácido úrico.

A recomendação para o consumo adequado de gorduras em dietas ainda provoca debates. Uma dieta composta por 30% de gorduras é recomendável para uma população sadia, segundo o *Surgeon General of United States* (1988), mas ainda não é capaz de reduzir os riscos para doenças cardíacas e alguns tipos de câncer. A restrição de gorduras em cerca de 10% do valor calórico total da dieta, é muito difícil de ser seguida por um longo período e pode ocasionar uma hipovitaminose de vitaminas lipossolúveis. Portanto, recomenda-se elaborar uma dieta com 20% a 25% de calorias provenientes de gordura, pois, desta forma, pode-se trazer benefícios significativos à saúde sem prejuízo da palatabilidade e aceitação da dieta (Nonas, 1998).

Com a finalidade de melhor orientar o paciente para que ele possa seguir a dieta segundo as recomendações nutricionais, foram criadas formas de representação para a elaboração de cardápios. No Brasil foi desenvolvida por Phillipi et col. (1996) a Pirâmide de Alimentos Adaptada, baseada na Pirâmide de Alimentos dos Estados unidos, com algumas modificações, para a elaboração de cardápios e orientação nutricional.

Os planos alimentares devem incluir as recomendações para vitaminas e minerais. Uma dieta variada composta de grandes quantidades de frutas, legumes e verduras é indicada, mas muitas dietas para perda de peso são deficientes em cálcio, ferro e vitamina E, sendo necessária a prescrição de suplementos medicamentosos sob supervisão médica. Ao conjunto da prescrição dietética, cardápio e recomendações dá-se o nome de plano alimentar.

2.4. O PLANO ALIMENTAR

A palavra dieta apresenta uma conotação negativa para muitos pacientes, principalmente para os pacientes acometidos de obesidade (Goodrick, 1991). Esta palavra está geralmente associada a uma restrição de alimentos e de energia, o que provoca uma dificuldade de aderência do paciente ao tratamento dietético (Nonas, 1998). Contudo, dieta é um palavra de origem grega que significa estilo de vida. No caso da obesidade é um novo estilo de vida que busca reduzir o risco de morte ou doenças. A dieta, no contexto das doenças crônicas e degenerativas, apresenta duas abordagens:

1. No estágio agudo a dieta é um “medicamento”, uma primeira intervenção empregada para reduzir os sintomas da doença
2. No estágio crônico, a dieta é um componente essencial para uma mudança do estilo de vida desejável para a manutenção da doença em patamares inofensivos.

O plano alimentar neste contexto, busca motivar o paciente no seguimento da dieta prescrita, fornecendo uma sugestão de cardápio que atenda às suas necessidades nutricionais e preferências individuais. Além do cardápio, deve-se propiciar ao paciente alternativas para que não fique preso a um modelo que não possibilite a variação de alimentos. Por isso, deve-se fornecer juntamente com o cardápio uma lista de substituições coerentes de alimentos, segundo o tipo de nutriente do alimento, por equivalente calórico e etc.

A elaboração do plano alimentar deve considerar os itens propostos pela *ADA* e pelos guias alimentares. Muitos hábitos alimentares considerados errôneos devem ser corrigidos, enfatizando-se a boa alimentação. Cabe ressaltar que o plano alimentar representa, em alguns casos, uma nova forma de encarar a alimentação. Por isso, deve-se procurar atender também as preferências nutricionais individuais, levando-se em conta a presença de alergias alimentares ou intolerâncias a certos tipos de alimentos. Deve-se elaborar uma dieta adequada para cada necessidade nutricional individual e um plano alimentar com uma sugestão de cardápio e suas possíveis variações.

Os planos alimentares sugeridos para as doenças crônicas degenerativas devem enfatizar uma alimentação equilibrada e nutricionalmente correta. A dieta para perda de peso deve ser reduzida em calorias totais, mas adequada e equilibrada com relação a todos os nutrientes. A dieta deve conter quantidades adequadas de proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas, minerais e fibras. Muitas vezes o aparecimento das doenças crônicas e degenerativas está relacionado ao consumo inadequado de calorias, de proteínas, carboidratos e de lipídios. A orientação nutricional através da prescrição de planos alimentares visa fornecer o conhecimento necessário para que o paciente possa seguir uma alimentação saudável e equilibrada quanto a quantidade e qualidade dos alimentos ingeridos.

A elaboração de cardápios que atendam as necessidades nutricionais e individual (preferências) do paciente são importantes para motivá-lo no acompanhamento da dieta proposta. Contudo, a elaboração de cardápios é uma tarefa complexa, pois deve considerar muitos aspectos em conjunto, tais como os nutricionais, estéticos e econômicos. É importante ressaltar que o tratamento dietético para doenças crônicas e degenerativas não é o único comportamento saudável que deve ser adotado no controle do processo destas doenças. A atividade física, mesmo que seja apenas uma caminhada, praticada regularmente também deve ser estimulada e incentivada. Estas mudanças no estilo de vida devem fazer parte do conjunto de tratamento das doenças crônicas e degenerativas. Na próxima seção é descrita a dificuldade que especialistas em nutrição encontram na elaboração de cardápios.

2.5 AS DIFICULDADES NA ELABORAÇÃO DE CARDÁPIOS

As pessoas planejam naturalmente cardápios para suas famílias, seus amigos e para si próprias. Os profissionais da alimentação planejam, cardápios também para coletividades (restaurantes, hospitais, bases militares, penitenciárias e outras instituições). Além de considerar a estética dos cardápios, deve-se atentar para o aspecto nutricional. Atender aos padrões nutricionais durante o planejamento de cardápios não é tão simples como pode parecer. Num recente estudo sobre planejamento de cardápios, somente 11% dos nutricionistas conseguiram calcular cardápios que atendessem ao RDA de 1989, conforme especifica o *Dietary Guidelines for Americans*. Dollahite *et al* (1995), fizeram uma pesquisa entre os principais guias alimentares e cardápios calculados por nutricionistas. Eles apuraram que a maior parte dos entrevistados encontrou dificuldades para elaborar cardápios que atingissem a todas as recomendações propostas pelos guias. Num outro estudo, quando os cardápios eram planejados para atender tanto ao *Dietary Guidelines* quanto ao RDA, Deleeuw *et al.*(1992), apurou que não era possível atender aos dois critérios em dietas de redução calórica.

Através desses fatos pode-se constatar que os guias alimentares estabelecem critérios para a avaliação de cardápios. Eles não informam precisamente como construir cardápios que atendam a seus critérios. Contudo, o mais construtivo desses guias é o *Food Guide Pyramid* (FGP) (U. S. Department of Agriculture, 1981) que diz quais tipos e quantidades de alimentos devem ser incluídos numa dieta diária balanceada. Na abordagem do FGP são estabelecidos grupos de alimentos e suas substituições. Um cardápio balanceado é composto pela seleção do número certo de porções de cada grupo. Essa abordagem tem seu mérito e também seus problemas. No planejamento manual de cardápios, as pessoas estão propensas a usar incorretamente essa abordagem, selecionando alternativas alimentares com nutrientes de baixa densidade ou ingerindo porções de tamanho menor que o recomendado. Nem todos os alimentos de cada grupo possuem a mesma qualidade nutricional. Cardápios construídos de acordo com esses guias não atendem necessariamente a outras recomendações dietéticas.

Segundo Spears (1995), o planejamento de cardápios auxiliado por sistemas computacionais inteligentes constitui um desafio em Inteligência Artificial, devido à dificuldade em quantificar as variáveis estéticas como sabor, cor e textura, e as variáveis nutricionais envolvidas. A cor e a textura podem ser modeladas através de lógica difusa, mas sabor é uma variável muito pessoal além, é claro, dos aspectos nutricionais, que não podem ser esquecidos. Na próxima seção serão apresentados alguns sistemas inteligentes que tentaram resolver o problema da elaboração de cardápios.

2.6. CONCLUSÃO

A Nutrição desempenha um papel fundamental na qualidade de vida. Contudo, nem sempre é possível seguir hábitos alimentares saudáveis, pois existem fatores internos e externos que interferem na nutrição humana. O acúmulo de evidências que ligam a alimentação a doenças, particularmente as doenças crônicas degenerativas, tem obrigado os especialistas a focar a Nutrição preventiva como forma de controlar e prevenir o avanço dessas doenças. As doenças crônicas degenerativas constituem importante queda na qualidade de vida e são as principais causas de mortes neste final de século.

O cuidado nutricional individual é muito importante na prevenção e no tratamento das doenças crônicas degenerativas relacionadas com a alimentação. O estabelecimento de uma conduta dietética adequada depende do diagnóstico nutricional para avaliar a existência de fatores de risco nutricional que estejam levando o indivíduo a apresentar uma doença crônica degenerativa.

A principal pergunta a ser respondida pela hipótese diagnóstica nutricional é: a anamnese alimentar justifica ou pode justificar o estado nutricional do doente? A hipótese diagnóstica deve ser confirmada ou rejeitada a partir da observação evolutiva do paciente e do seu comportamento perante a conduta dietoterápica. A finalidade do diagnóstico nutricional é verificar a influência da Nutrição na saúde do indivíduo. Isto é obtido através da avaliação do estado nutricional.

Após efetuar o diagnóstico nutricional, o profissional de Nutrição efetua uma prescrição dietética individualizada, compatível com o paciente.

Alguns itens propostos pela *American Dietetic Association* (ADA) também devem ser considerados na elaboração das dietas:

- Não existem alimentos “bons ou maus”.
- As chaves para uma boa dieta são o balanceamento, a variedade e a moderação.
- Deve-se encarar a dieta como um todo e não como alimentos em separado.
- A escolha adequada de alimentos deve ser encorajada
- A atividade física regular é um componente essencial para a boa saúde.

A prescrição dietética deve conter a recomendação de calorias e nutrientes para atender as necessidades nutricionais específicas de cada paciente, indicando recomendações gerais para uma alimentação equilibrada e balanceada. Ao conjunto da prescrição dietética, do cardápio e das recomendações gerais chamamos de plano alimentar.

O plano alimentar deve ser elaborado considerando os itens propostos pela ADA, os guias alimentares e as preferências individuais. Cabe ressaltar que o plano alimentar representa, em alguns casos, uma nova forma de encarar a alimentação. Muitos hábitos alimentares considerados errôneos devem ser corrigidos e deve ser enfatizada a boa alimentação. Contudo, deve-se procurar atender também as preferências alimentares individuais, a presença de alergias alimentares ou intolerâncias a certos tipos de alimentos. O principal objetivo da presente dissertação é auxiliar especialistas na elaboração de uma dieta adequada para cada necessidade nutricional individual e um plano alimentar com uma sugestão de cardápio e suas possíveis variações, utilizando um sistema computacional inteligente. No próximo capítulo é apresentada a fundamentação teórica em Inteligência Artificial, que possibilitou o desenvolvimento do sistema proposto.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“Rerum omnium magister usus.”

A experiência é mestra de todas as coisas.

CÉSAR (101-44 a.C.) A guerra Civil, II.

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica em Inteligência Artificial que orientou o desenvolvimento do sistema proposto, com ênfase na metodologia escolhida: O Raciocínio Baseado em Casos.

3.1. A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da Ciência da Computação dedicado ao estudo das técnicas que possibilitam a representação em máquinas de algum aspecto da cognição humana (Weber, 1996). Seguindo essa linha Rich (1988) propõe que “*IA é o estudo de como fazer com que a máquina possa realizar tarefas que hoje são melhor realizadas pelo homem*”. Já para Hop Good (1993), a pesquisa em IA é voltada para a construção de uma máquina que melhore a compreensão sobre a inteligência. Com base nessas três definições, pode-se concluir que IA é o campo do desenvolvimento de programas de computadores que simulam a cognição humana. Os pesquisadores em IA concordam que duas questões distintas devem ser consideradas: a questão científica, que lida com aspectos teóricos da cognição, ou seja, estuda os processos do raciocínio humano para compreender o mecanismo da inteligência, e a questão tecnológica, que se preocupa com a representação destes processos através da máquina (computador, robôs etc) (Turban, 1995).



3.1.1. Evolução histórica

Em 1950, Alan Turing, elaborou um teste simples para saber se uma máquina seria capaz de pensar. O teste consistia da formulação de perguntas que seriam respondidas por um computador e por uma pessoa. Se fosse confundida com o ser humano, a máquina seria considerada inteligente. Ainda hoje esse modelo é utilizado na avaliação de alguns sistemas inteligentes (Barreto, 1998). Durante a famosa Conferência do Colégio Dartmouth (1956) surgiu o campo de estudos da Inteligência Artificial. De acordo com as previsões feitas por aqueles cientistas, as pessoas deveriam estar envolvidas em atividades recreativas, enquanto os computadores fariam todo o trabalho (Gevarter, 1984). Em 1960, Newell e Simon propuseram a resolução de problemas gerais – *general problem solving* (GPS). Contudo, é muito difícil atingir o propósito do GPS: resolver qualquer problema em qualquer domínio. O processamento do conhecimento para solucionar todo e qualquer tipo de problema é uma tarefa impossível. Em 1965, Zadeh propõe a base da lógica difusa, que lida com avaliação de expressões lógicas, contendo valores incertos. Este modelo auxilia na resolução dos problemas que apresentam imprecisões, incertezas e ambigüidades. Por volta de 1970, a Inteligência Artificial tinha alcançado somente sucessos limitados (Gevarter, 1984). Os sistemas eram capazes de encontrar soluções para problemas imaginários ou problemas bem construídos, como jogos. Os problemas reais e complexos provaram estar além das técnicas elaboradas ou resultaram em uma explosão combinatória que excedia as capacidades dos computadores (Hop Good, 1993).

A pesquisa em IA evoluiu muito, mas ainda encontra limitações. O objetivo de conferir inteligência aos sistemas é construir uma máquina que imite ou exceda as capacidades mentais humanas, incluindo raciocínio, compreensão, imaginação, criatividade e emoções (Hop Good, 1993). Existem algumas máquinas que imitam áreas específicas e refinadas da atividade mental humana. Como por exemplo, computadores que jogam xadrez de alto nível, máquinas que reconhecem a caligrafia e sistemas que complementam o diagnóstico médico.

Os Sistemas Baseados em Conhecimento, principalmente os Sistemas Especialistas e os sistemas de RBC, constituem aplicações da IA e serão considerados nas seções seguintes. Estas aplicações são relevantes para a presente dissertação, pois outras tecnologias de IA não produziram pesquisa significativa no domínio do diagnóstico nutricional e da prescrição de planos alimentares.

3.1.2. Engenharia do Conhecimento

Um sistema inteligente é desenvolvido através da Engenharia do Conhecimento, com o apoio de especialistas sobre o domínio da aplicação. A engenharia de conhecimento é responsável pela extração e representação do conhecimento através da utilização de linguagens de IA (Luger & Stubbfield, 1993).

Os sistemas inteligentes apresentam características que os diferenciam de sistemas convencionais. A principal diferença entre um sistema baseado em conhecimento e um programa convencional reside na estrutura. Num programa convencional, o domínio do conhecimento está intimamente relacionado com o software através de procedimentos de controle da aplicação do conhecimento. Num sistema baseado em conhecimento, as duas tarefas estão explicitamente separadas. Existem dois módulos – o módulo do conhecimento, chamado base de conhecimento, e o módulo de controle chamado motor de inferência (Hop Good, 1993).

Segundo Waterman (1986), a base de conhecimento consiste em dados e regras (ou outros tipos de representação) que o utilizam como base para o processo decisório. A sua construção é a principal tarefa da Engenharia do Conhecimento. O motor de inferência representa a forma de manipular o conhecimento já representado na base, a fim de resolver o problema. Ele determina a ordem com que serão processadas as informações, manipulando os dados a fim de inferir novos fatos, chegar a conclusões ou recomendar ações. Waterman (1986) ainda destaca alguns pontos importantes dos sistemas baseados em conhecimento: a representação do conhecimento confere maior flexibilidade e maior consistência ao sistema ao invés da representação de dados; a

utilização de heurísticas busca encontrar melhor caminho para a obtenção de respostas ao invés de algoritmos. Quando são usadas heurísticas para guiar a solução de um problema num sistema especialista, isto chama-se busca heurística ou melhor caminho. Este tipo de busca é usada para evitar a temida explosão combinatorial. Entretanto, não se pode garantir que uma solução será encontrada, mas somente que a direção escolhida para solucionar o problema é a melhor. A busca heurística é valiosa nas aplicações que requerem soluções rápidas (Durkin, 1994); o processo de inferência muitas vezes permite que o sistema seja interativo e mais ágil do que os sistemas convencionais que utilizam processos repetitivos, o que torna a manipulação de uma base de conhecimento mais eficaz.

O principal objetivo da Engenharia do Conhecimento é guiar e administrar o projeto de um Sistema Especialista. Segundo Durkin (1984) isto é possível através de seis etapas desenvolvidas durante o projeto:

1. Avaliação do problema;
2. Aquisição do conhecimento;
3. Projeto do sistema;
4. Teste e avaliação;
5. Documentação;
6. Manutenção.

A aquisição e a representação do conhecimento são dois tópicos importantes para a Engenharia do Conhecimento e variam de acordo com as necessidades do sistema. Cabe ao engenheiro do conhecimento escolher a forma mais apropriada para resolver o problema do domínio em questão.

3.1.3. Aquisição do Conhecimento

A tarefa de aquisição de conhecimento refere-se à extração de conhecimento para um sistema computacional. A aquisição do conhecimento consiste na extração do

conhecimento especialista a ser transposto em um sistema computacional para torná-lo inteligente. As fontes para a aquisição deste conhecimento são provenientes de especialistas ou de bibliografias confiáveis. Segundo Limin Fu (1994), esta tarefa, executada pelos engenheiros de conhecimento, é considerada o gargalo da IA. Muitos pesquisadores da área têm concentrado esforços no desenvolvimento de técnicas cada vez mais apuradas de aquisição do conhecimento (Durkin, 1994).

Olson e Rueter (1987), propõem a classificação dos métodos de aquisição do conhecimento em dois tipos: diretos e indiretos. Os métodos diretos envolvem entrevistas e estudos de casos realizados com o especialista do domínio em que se quer construir o sistema. Os métodos indiretos determinam o conhecimento dos especialistas através de questionários. A técnica mais comum utilizada em SEs é a entrevista. Ela permite maior rapidez na captação e compreensão do problema. Desta forma, a seguir são descritos os tipos de entrevistas mais utilizados na aquisição de conhecimento: as estruturada e as não estruturadas.

3.1.3.1. Entrevistas não estruturadas

As entrevistas não estruturadas (*unstructured interviews*) são projetadas para permitir ao especialista que discuta o problema a ser resolvido de modo natural (Durkin, 1994). Assim é possível obter a compreensão dos conceitos mais importantes a respeito do domínio e conhecer as estratégias que o especialista utiliza para resolver o problema. As principais vantagens desse método são: fornecer uma compreensão geral do problema, auxiliar na identificação de conceitos e objetivos; fornecer condições para compreender os métodos para a resolução de problemas. A desvantagem das entrevistas não estruturadas é uma grande quantidade de informações fragmentadas ou superficiais, pobres em detalhes.

3.1.3.2. Entrevistas estruturadas

A entrevista estruturada mantém o foco do problema a ser resolvido de uma forma dirigida. Este tipo de entrevista adquire detalhes específicos a respeito de determinado aspecto do problema antes de passar para outros pontos (Durkin, 1994). A

entrevista estruturada pode ser utilizada quando é necessária uma informação específica a respeito de um tópico estabelecido. As vantagens deste método são: mantém o foco em um determinado assunto, fornece informações detalhadas e relações estruturadas entre os conceitos. As desvantagens encontradas são: alguns conceitos não relatados na entrevista podem não ser abordados; fornece uma compreensão fraca do conhecimento procedural, como regras ou estratégias para solucionar problemas.

As técnicas de entrevistas discutidas nesta seção são de natureza introspectiva. O especialista tenta responder às questões recorrendo a seus conceitos e compreensão sobre o problema. Estudos em psicologia demonstraram que a introspeção não é uma maneira eficaz de obter um conhecimento completo e confiável para a resolução de problemas.

3.1.3.3. Estudo de caso

Devido as limitações dos métodos de entrevista, os engenheiros de conhecimento tiveram que recorrer a outras técnicas que tornassem possível a aquisição de conhecimento. Uma alternativa às entrevistas são os estudos de caso. Um caso é um problema que foi solucionado no passado e que contém a solução e a descrição dos passos para obtê-la. Existem duas abordagens para sua utilização durante uma sessão de aquisição de conhecimento: retrospectiva e observacional. Na abordagem retrospectiva o especialista é levado a rever um caso e a explicar como o problema foi nele resolvido. A técnica observacional pede aos especialistas para discutirem a solução de um caso enquanto o engenheiro observa o seu processo de resolução.

3.1.3.4. Estudo de caso retrospectivo

As vantagens do estudo de caso retrospectivo são: obter informações contextuais, fornece informações específicas sobre o problema; não interferir na atividade de resolução do problema; a memória recupera os destaques dos assuntos mais importantes. As desvantagens são: fornecer formações incompletas; fornecer poucos detalhes do problema e as explanações tendem a se tornar inconsistentes com o passar do tempo.

Muitos psicólogos cognitivos acreditam que o melhor caminho para descobrir como os especialistas utilizam a informação disponível para chegar a uma solução é assistindo ao seu trabalho na resolução de um problema real. O objetivo do método observacional é adquirir o conhecimento através da observação do comportamento do especialista durante a solução do problema. A abordagem observacional engloba dois tipos: os casos familiares e os casos não familiares.

3.1.3.5. Estudo de caso observacional familiar

A abordagem familiar para adquirir o conhecimento envolve a resolução de um problema típico, solucionado rotineiramente por especialistas. Quando soluciona um problema típico a abordagem empregada e o conhecimento utilizado podem ser típicos do domínio. Conceitos comuns, regras e estratégias para a solução do problema emergem durante a resolução de um estudo de caso familiar. As vantagens do estudo de caso familiar são: o especialista resolve um problema real; obtém informações no contexto da execução do exemplo; conceitos comuns, regras e estratégias emergem durante a resolução do estudo de caso familiar; fornece informações específicas. As desvantagens são: alguns detalhes importantes podem não ser abordados; as explicações podem ser inconsistentes.

3.1.3.6. Estudo de caso observacional não familiar

Uma das dificuldades mencionadas no emprego do estudo de caso familiar é a compilação do conhecimento para a resolução do problema. Quando o especialista se depara com uma situação não familiar, deve confiar mais no conhecimento básico para resolver o problema. Quando o especialista resolve problemas não familiares, a tendência é buscar um detalhamento mais profundo do conhecimento empregado. As vantagens do estudo de caso não familiar são: forçar o especialista a utilizar o conhecimento básico, que ajuda a evitar a compilação do conhecimento para a resolução do problema; obtém informações no contexto da execução da solução do problema; fornece informações específicas; fornece uma melhor compreensão das estratégias da resolução do problema.

A desvantagem apontada: a escolha de um bom estudo de caso não familiar pode ser difícil.

Durante o desenvolvimento de um sistema inteligente, é aconselhável que sejam utilizadas algumas técnicas de aquisição de conhecimento em conjunto (Durkin, 1994). Por exemplo, enquanto os especialistas resolvem um caso pode-se interromper o seu raciocínio e solicitar que alguns tópicos sejam mais aprofundados, através de um método introspectivo. O processo de aquisição de conhecimento é interativo e auxilia a Engenharia do Conhecimento a compreender melhor o problema abordado no sistema.

A aquisição de conhecimento nas áreas médicas tem sido muito estudada (Schmidt, Girl, 1997). Para entender o processo de aquisição do conhecimento nessas áreas, é importante conhecer a proposta de Schank e Abelson (1997). Eles consideram que o conhecimento geral sobre determinado assunto é armazenado na forma de *scripts*. Por exemplo, quando um médico reconhece um conjunto de sintomas em um paciente, imediatamente aparece um *script* em sua mente traçando estratégias para a determinação do diagnóstico e para a escolha do tratamento a ser empregado (Hinrich, 1998). Geralmente, a escolha do tratamento a ser empregado é baseada numa casuística. Este é o princípio básico do raciocínio clínico.

Como no raciocínio clínico, o processo de raciocínio para o diagnóstico e o tratamento em outras áreas da saúde – Nutrição, Odontologia, Educação Física, Fisioterapia etc. - baseia-se em estudo de casos passados, tentativa, erro e intuição (Mouradian, 1990). Por exemplo, na área da Nutrição Clínica muitos fatores devem ser considerados na prescrição de uma dieta. Os profissionais da Nutrição são constantemente desafiados a encontrar uma combinação perfeita entre o conhecimento geral sobre dietoterapia armazenado em sua mente e uma dieta que seja individualizada para o paciente que está sendo atendido naquele momento. Este processo de raciocínio baseia-se em fatores como: experiência do profissional e aprendizado; no emprego do raciocínio indutivo e dedutivo; interpretação das evidências nutricionais; intuição que é uma característica difícil de definir.

Outra forma de adquirir conhecimentos é através de referências bibliográficas. Contudo, construir uma base de conhecimentos para um sistema computacional apenas com literatura científica não é a forma mais indicada (Mouradian, 1990). Afinal, existem muitas pesquisas nas áreas médicas e, dentre estas, algumas podem não ser válidas. Além disso, as áreas médicas estão em constante evolução, tornando as publicações, principalmente em livros, obsoletas. Somente com a prática o profissional pode avaliar a credibilidade das informações contidas nas pesquisas.

Outro fator importante a ser considerado é a confiabilidade das informações fornecidas pelo paciente e por exames. Este é um problema crucial para a engenharia de conhecimento, pois essa avaliação é intuitiva e não sistemática, depende de cada caso, o que torna difícil a sua representação. A decisão, para os profissionais da área médica, reside em um impreciso conglomerado de informações provenientes de diferentes caminhos e processadas de forma intuitiva. (Moundian, 1990).

Pode-se observar que a aquisição do conhecimento mesmo com todas as suas técnicas de extração, ainda apresenta dificuldades em representar o raciocínio nas áreas médicas. O ideal, como propõe Durkin, é utilizar técnicas em conjunto, como por exemplo, estudos de casos e entrevistas para tentar solucionar os problemas relacionados à imprecisão das informações nas áreas médicas. A próxima seção trata sobre a representação do conhecimento, outro ponto crítico no desenvolvimento de sistemas inteligentes.

3.1.4. Representação do conhecimento

O conhecimento é o destaque dos sistemas de IA. A representação do conhecimento é o componente fundamental em sistemas inteligentes. Pelos mecanismos de representação, os formalismos de IA, o conhecimento é codificado através de objetos, atributos, objetivos, ações e é processado através de estruturas e procedimentos (Bench-Capon, 1990). Para representar o desempenho de especialistas humanos, o sistema deve possuir não só um conjunto de informações mas, também, a habilidade de utilizá-las na resolução de problemas de forma criativa, correta e eficaz. Esta habilidade representa uma série de palpites e regras intuitivas que o especialista utiliza para resolver os

problemas; sua aplicação possibilita, de uma maneira mais econômica, a chegada a soluções aceitáveis, embora nem sempre ótimas (Bench-Capon, 1990). Um sistema inteligente precisa conhecer o contexto do fato em estudo e reconhecer os processos que causariam mudanças nos fatos (Bench – Capon, 1990). Para resolver problemas, em alguns casos, é recomendado conhecer tudo sobre o problema e quais as possíveis soluções que se pretende encontrar, juntamente com algumas estratégias para solucionar cada problema. O estudo da representação do conhecimento consiste nos caminhos que podem ser trilhados para codificá-lo em um programa computacional.

Existem muitas formas de representação do conhecimento através de formalismos computacionais, *scripts*, *frames*, redes semânticas, regras, grafos conceituais, representações formulário e os conceitos, objetos e fatos. Esses formalismos podem ser empregados para representar casos em sistemas de RBC e representar domínios em SEs (Weber, 1998). Nas próximas seções estes formalismos e conceitos são explicados brevemente.

3.1.4.1. Scripts

Os *scripts* são estruturas de informação que auxiliam a compreensão de situações do comportamento padronizado. Foram propostos por Schank e Abelson (1977) e inspiraram o estudo de sistemas de Raciocínio Baseado em Casos. Os *scripts* são úteis porque, no mundo real há padrões para a ocorrência de eventos. Contudo, o conceito de um *script* não é compartilhado por todos (Riesbeck & Schank, 1989) já que cada memória compreende um *script* sobre uma experiência a partir do próprio ponto de vista. Portanto a teoria dos *scripts* não é uma teoria completa. Os *scripts* contém o conhecimento normativo, mas não o conhecimento da experiência.

3.1.4.2. MOPs

Os Pacotes de Organização de Memórias (MOPs - *Memory Organization Packets*) representam um conceito desenvolvido por Schank (1982) para representar eventos padronizados. Os MOPs são uma evolução dos *scripts*. Os MOPs são organizados em estruturas que reúnem eventos similares através de abstrações e

hierarquias do tipo “todo-parte”. Quanto ao conteúdo, os MOPs são estruturas de conhecimento que representam experiências. MOPs representam eventos através de cenas que abrangem situações e são representadas por informações normativas e descritivas. As cenas são suposições associadas a situações de uma experiência e, consequentemente, estão sujeitas a mudar com a experiência (Schank, Kass & Riesbeck, 1994). Os MOPs diminuem a redundância e permitem a percepção das informações sob vários pontos de vista, traduzindo as expectativas dos diversos participantes de uma determinada situação.

Os MOPs são a entidade básica da Memória Dinâmica. A existência básica do modelo de Memória Dinâmica permite representar computacionalmente um modelo de organização de memória que compreende recordar, entender, experimentar e aprender.

3.1.4.3. Frames

Um *frame* é uma estrutura de dados que representa uma entidade através de suas características e potenciais habilidades. Suas características estão representadas por pares atributo-valor e as potencialidades são representadas por métodos. Um *frame* abstrato (ou *frame* de classe) não tem instâncias, por esta razão seus atributos não são valorados, suas subclasses são ligadas a instâncias da entidade representada por essa classe (Minsky 1975)

3.1.4.4. Redes Semânticas

As redes semânticas são grafos direcionados ligados por nós para representar objetos e conexões e a relação entre objetos (Quillian, 1968; Brachman, 1979; Dean, Allen & Aloimonos, 1995). A rede semântica é usada para representar elementos de uma representação tal como uma classe, suas instâncias e suas características. Seus arcos são direcionados e representam as relações entre os atributos. Quando um atributo não deve ser herdado, as redes semânticas necessitam de tratamento de exceção (Durkin, 1994).

3.1.4.5. Conceitos, Objetos e Fatos

Um *objeto* é uma entidade básica que pode ser instanciada. Um *conceito* descreve algo sobre o objeto. Um conceito pode ser representado por uma abstração de um objeto quando vários objetos podem ser agrupados sob o mesmo conceito. Ou ainda, um conceito pode ser um atributo, quando descreve algo exclusivamente sobre este objeto. Conforme o propósito de organização da análise como um todo não é necessário representar o conceito como uma abstração. Esta decisão está baseada na análise global do conhecimento, enfatizando o uso da representação. Quando um objeto está associado a um atributo valorado, isto é um *fato*. Um fato pode assumir valores verdadeiro ou falso (Durkin, 1994).

3.1.4.6. Regras

As regras são seqüências lógicas compostas por premissas (antecedentes) e conclusões (conseqüências). Ambos, premissas e conclusão, são fatos. O antecedente tem a intenção de verificar se o fato é verdadeiro ou falso. Quando o fato que compõe o antecedente é verdadeiro, a conclusão é disparada. O antecedente pode ser composto por vários fatos conectados através de operadores tais como E, OU e NÃO. As conclusões, geralmente, modificam ou assinalam valores aos atributos de um objeto, chamam métodos ou disparam outras regras (Waterman, 1986; Durkin, 1994).

3.1.4.8. Grafos Conceituais

Os grafos conceituais são uma variedade da rede semântica que herdaram a força de representar significados (Sowa, 1984). Uma definição completa é dada por Cyre (1997). "*Um grafo conceitual é um diagrama bipartido, finito, conectado, consistindo em um conjunto rotulado de nós de conceitos, um conjunto rotulado de nós de relações conceituais e um conjunto de (diretos) vínculos conceitos e nódulos de relação.*" Um grafo conceitual é um formalismo que inclui as características desejadas para modelar a semântica da linguagem natural. Eles têm sido usados para representar o significado na compreensão da linguagem natural (Luger & Stubblefields, 1993).

3.1.4.9. Representações Formulário

A representação formulário (*formlike*) é composta por um conjunto de campos com valores. Este formato é semelhante ao registro de banco de dados. Este formalismo é usado no sistema CBR para representar casos na estrutura organizacional plana (Kolodner, 1993). Através do formulário busca-se representar o conhecimento teórico do domínio e fatos da vida real nos sistemas inteligentes. O sistema desenvolvido na presente dissertação utiliza o formulário para representar o conhecimento do domínio.

A seleção dos formalismos de IA depende da natureza do raciocínio e do próprio conhecimento. Para conferir inteligência à máquina é preciso conhecer os processos cognitivos da mente humana com a finalidade de modelá-los. Uma maneira de iniciar os estudos é através da compreensão dos processos de raciocínio humano que descrevemos a seguir.

3.1.5. Formas de Representação do Raciocínio

O raciocínio é o encadeamento aparentemente lógico de juízos ou pensamentos. É algo tão comum e intuitivo que a maioria das pessoas não se preocupa em analisar como tal processo ocorre (Rabuske, 1995). Para simplificar a compreensão deste estudo, do ponto de vista computacional, identificou-se alguns tipos de raciocínio em: monotônico, não-monotônico, dedutivo, indutivo, abduutivo, analógico, senso comum,

3.1.5.1 Raciocínio Não-Monotônico

O raciocínio sobre um problema, para muitas situações, se processa sobre informações estáticas. Durante o processo de resolução do problema, o estado (Verdadeiro ou Falso) dos fatos permanece constante. Este tipo de raciocínio é o monotônico. Os seres humanos tem a capacidade de manter o caminho quando as informações mudam. Se alguma coisa muda, é possível se ajustar a outros eventos independentes. Este estilo de raciocínio é conhecido como raciocínio não-monotônico (Durkin, 1994).

3.1.5.2. Raciocínio Dedutivo

O raciocínio dedutivo utiliza fatos (axiomas) para deduzir novas informações. O processo inicia-se comparando o axioma com uma certa implicação para concluir novos axiomas (Durkin, 1994). A regra de inferência *modus ponens* é a forma básica de raciocínio dedutivo:

SE A é verdadeiro E A implica em B, ENTÃO B é verdadeiro.

3.1.5.4. Raciocínio Indutivo

Os seres humanos utilizam o raciocínio indutivo para alcançar uma conclusão geral de fatos limitados através de um processo de generalização. Através do raciocínio indutivo, é formada uma generalização que se acredita que possa ser aplicada a todos os casos de um certo tipo, em bases de números limitados de casos (Durkin, 1994).

3.1.5.4. Raciocínio Abduativo

A dedução é exata no sentido que inferências retiradas de fatos estabelecidos e implicações válidas são logicamente corretas. Abdução é uma forma de dedução que permite inferências plausíveis. Neste caso, “plausível” significa que a conclusão pode surgir de informações disponíveis, apesar de não se ter certeza da veracidade dessa conclusão (Durkin, 1994).

SE B é verdadeiro E SE A implica em B é verdadeiro, ENTÃO A é verdadeiro?

3.1.5.6. Raciocínio Analógico

O raciocínio por analogia é o processo de generalização fundado em semelhança de relação apresentada por elementos de totalidades diferentes. Consiste em passar de uma ou mais propriedades já observadas em um dos elementos à atribuição das mesmas propriedades a outros elementos de outra totalidade no qual ainda não tenham sido observadas (Ferreira, 1995).

É a atribuição de uma qualidade a um objeto pela presença desta qualidade em outro objeto que, como o primeiro, já apresenta qualidades comuns. Este tipo de

raciocínio utiliza o modelo mental de alguns conceitos através de experiências. É possível usá-lo para obter a compreensão de um novo objeto ao aprimorar este conhecimento pela descoberta de qualquer diferença específica (Durkin, 1994). É o tipo de raciocínio aplicado em sistemas de RBC.

3.1.5.7. Raciocínio de Senso Comum

Os seres humanos aprendem a resolver problemas de forma eficiente através da experiência. O senso comum é utilizado para encontrar uma solução rapidamente. Este tipo de raciocínio confia mais num bom julgamento do que na lógica exata.

Quando são usadas heurísticas para guiar a solução de um problema num sistema especialista, isto é chamado procura heurística ou melhor procura. Este tipo de busca é usada para evitar a temida explosão combinatorial. Entretanto, não se pode garantir que uma solução será encontrada, mas somente que a direção escolhida para solucionar o problema é a melhor. A procura heurística é valiosa nas aplicações que requerem soluções rápidas (Durkin, 1994).

Na próxima seção é apresentada a técnica de IA denominada Sistemas Especialistas, que busca resolver questões em domínios restritos transpondo para a máquina o conhecimento explícito de especialistas.

3.1.6. Sistemas Especialistas

O Sistema Especialista (SE) é uma técnica de Inteligência Artificial desenvolvida para resolver problemas em um determinado domínio cujo conhecimento utilizado é obtido de pessoas que são especialistas naquele domínio (Feigenbaum, 1977). Contudo, existem casos onde o especialista humano não é disponível ou é inexistente; então pode-se compilar o conhecimento teórico. O SE é projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. É capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano (Cunha, 1998).

Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto, um especialista o faz a partir de fatos que encontra e de hipóteses que formula, buscando em sua memória um conhecimento prévio, sobre estes fatos e hipóteses, armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional. Um Sistema Especialista deve, além de inferir conclusões, ter capacidade de aprender novos conhecimentos e, deste modo, melhorar o seu desempenho de raciocínio, e a qualidade de suas decisões (Waterman 1986, Durkin, 1993, Hop Good, 1996).

falar sobre a maneira presente no conhecimento
O âmago de um SE é o conhecimento sobre um domínio específico acumulado durante a construção do sistema. O conhecimento é explícito e organizado de forma a simplificar a tomada de decisões (Cunha, 1998). O SE pode explicar em detalhes como uma nova situação conduz a mudanças. Ele permite ao usuário avaliar o efeito de novos fatos ou dados e entender o relacionamento deles com a solução; avaliar os efeitos de novas estratégias ou procedimentos aplicados à solução.

Os SEs foram desenvolvidos para executar diversas tarefas em diferentes domínios. Na tabela 3 estão representados os tipos de Sistemas Especialistas segundo as tarefas desenvolvidas e principais áreas de aplicação.

Tabela 3: Os tipos de sistema especialista segundo a tarefa e a aplicação

TAREFA	APLICAÇÃO
Diagnóstico	Deduz possíveis problemas a partir de observações ou sintomas: diagnósticos médicos, mecânicos.
Interpretação	Descreve a partir de observações: compreensão de fala, análise de imagens.
Predição	Deduz consequências a partir de situações: predição de tempo, de clima, de tráfego.
Projeto	Desenvolve configurações de objetos que satisfazem determinados requisitos ou restrições: projeto de circuitos digitais, projetos arquitetônicos.
Planejamento	Desenvolvem planos, cursos de ação: movimento de robôs, estratégia militar ou comercial.
Observação	Comparam observações de comportamento de sistemas, com características consideradas necessárias para alcançar objetivos: observação de rede de distribuição elétrica, controle de tráfego aéreo.
<i>Debugging</i>	Prescreve correções para defeitos: ex.: <i>debugging</i> de programas.
Instrução	Diagnostica e ajusta o desempenho de estudantes: toda a área de "computer-aided instruction".
Controle	Comanda de forma adaptativa o comportamento de um sistema: robôs, gerência de produção.
Manutenção	Desenvolvem e aplicam plano para consertar problema diagnosticado: manutenção de redes de comunicação, manutenção de sistemas de Computação.

Dentre estas tarefas, algumas foram utilizadas, no domínio da Nutrição, para criar sistemas capazes de auxiliar os especialistas do domínio a planejar cardápios. A seguir é demonstrado um pequeno histórico sobre sistemas computacionais que executam esta tarefa.

3.1.9. O uso de técnicas computacionais no planejamento de dietas e cardápios: um breve histórico

O planejamento de cardápios auxiliado por sistemas computacionais tem sido tema para pesquisas desde a década de 60. Uma das primeiras tentativas para equacionar o problema da elaboração de cardápios nutritivos e que satisfaçam ao usuário quanto à variedade de alimentos, sabor e custo foi o trabalho inicial de Balintfy, (1964). Ele tentou resolver o problema do planejamento dietético através de programação matemática linear, incorporando o conceito de palatabilidade a seu sistema. Contudo, deparou-se com outro problema: combinar os itens do cardápio para que satisfaçam às especificações nutricionais, estruturais e necessidades variadas ao longo de muitos dias, sem torná-los monótonos. A condição ótima pode ser atingida pelo custo ou maximização da satisfação do cliente ou por ambos. Balintfy tentou controlar tanto características estéticas como cor, pela definição de novas restrições. Apesar das melhorias, o problema dietético estava longe de ser resolvido, segundo a opinião de especialistas que foram consultados a respeito do sistema.

Eckstein (1967) desenvolveu um sistema computacional para simular o processo de escolha de alimentos na elaboração de cardápios, usando o método matemático de abordagem aleatória. Para tanto, considerou diversos fatores interrelacionados, como alimento cru, custo, cor, textura, forma, sabor, aroma, calorias e outras variáveis. Usando um padrão de refeição, ela compôs cada cardápio com carne, amido, verduras, saladas, sobremesas, pão e bebidas. Em cada categoria, um item alimentar foi selecionado aleatoriamente e avaliado com as respectivas restrições. Os critérios de avaliação propostos foram: o custo, cor, textura, forma, calorias, variedade e aceitabilidade. O programa interagiu até que cada item atendesse aos critérios estabelecidos. Eckstein foi otimista sobre os achados do planejador de cardápios por computador. Contudo, algumas limitações ainda foram encontradas:

- Cada refeição criada apresentava o mesmo padrão;
- Não foi efetuado um amplo estudo sobre as interações entre os alimentos.

Uma extensão do sistema desenvolvido por Eckstein foi retratada recentemente por Elazari *et al.*, (1985). Foi projetado um sistema planejador de cardápios para um asilo para doentes mentais. Cada cardápio diário constava de café da manhã, almoço, jantar e três lanches. Cada refeição tinha a sua própria estrutura. Por exemplo, o almoço era sempre constituído de uma sopa, um alimento protéico, um alimento fonte de carboidratos, verduras cozidas, cruas ou em conserva, sobremesa e pão. Os cardápios completos foram avaliados com respeito a critérios nutricionais e foram aceitos ou rejeitados. O programa é capaz de gerar novos cardápios para repor os que foram rejeitados.

Assim como estes, muitos outros sistemas foram desenvolvidos para planejar cardápios:

- Bassham E Fletcher (1988) descreveram o uso de um programa interativo baseado em regras chamado Microdiet utilizado em um hospital da Grã-Bretanha, para o apoio à elaboração de cardápios para dietas especiais;
- Yang (1989) construiu o ESOMP para planejar cardápios sonoros para pacientes surdos com dietas de severa restrição de proteínas utilizando IA.;
- Galotra (1991) *et al.* desenvolveram na Índia um sistema especialista em Prolog para cardápios terapêuticos. Eles usaram métodos de Pesquisa Operacional para combinar as necessidades nutricionais de alimentos específicos, regras heurísticas e encadeamento para abranger todos os alimentos do cardápio;
- Ganeshan e Farmer (1995) construíram, para uma empresa de alimentação na Austrália, um sistema especialista para distribuir refeições.
- Horn, Popow, Miksh E Seyfang (1998), pesquisadores da Universidade de Viena, desenvolveram o VIE-PNN, que prescreve dietas parenterais para recém-nascidos através de regras. Este sistema possui uma arquitetura em HTML para possibilitar a conexão entre os médicos;
- Lima, Maranhão, Reis e Vicari da Universidade Federal do rio Grande do Sul, desenvolveram o Cooker, um sistema especialista consultor para elaboração de cardápios e refeições.

Como pode-se observar, todos estes sistemas são capazes de auxiliar especialistas em Nutrição na elaboração de cardápios. Mas todos apresentam a limitação de necessitarem de um diagnóstico prévio, feito por especialistas, para a sua execução. A seguir é apresentada a seção de RBC que explica, com maiores detalhes, a metodologia que norteou o desenvolvimento do sistema proposto na presente dissertação.

3.1.9. Conclusão de IA

A Inteligência Artificial é o ramo da ciência da Computação que pesquisa a criação de sistemas inteligentes. A IA possui duas abordagens: uma científica, voltada ao estudo da psicologia cognitiva, para compreender os processos envolvidos na inteligência, e outra tecnológica, que lida com a representação destes processos através da máquina.

A Engenharia do Conhecimento é responsável pela extração e representação do conhecimento através da utilização de linguagens de IA. O seu principal objetivo, guiar e administrar o projeto de sistemas inteligentes, ampliou-se para outras técnicas de IA e não é mais exclusividade de Sistemas Especialistas. Os tópicos principais abordados na Engenharia de Conhecimento são a aquisição do conhecimento e a sua representação. Cabe ao engenheiro do conhecimento escolher a forma mais apropriada de aquisição e de representação para resolver o problema do domínio em questão.

O uso de técnicas computacionais no planejamento de dietas e cardápios tem sido pesquisado desde a década de 60. Uma das primeiras tentativas para equacionar o problema da elaboração de cardápios equilibrados e adequados do ponto de vista nutricional, que satisfaçam o usuário quanto à variedade de alimentos, sabor e custo foi o trabalho inicial de Balintfy, (1964). Ele tentou resolver o problema do planejamento dietético através de programação matemática linear, incorporando o conceito de palatabilidade a seu sistema. Contudo, este e outros sistemas baseados em programação matemática mostraram-se limitados quanto às exigências dos usuários. Os especialistas

em Nutrição consideraram que estes sistemas não conseguiam resolver o dilema da elaboração de cardápios: planejar cardápios considerando aspectos nutricionais, estéticos e econômicos, sem torná-los monótonos com o passar do tempo.

Com a evolução dos sistemas inteligentes, os pesquisadores buscaram alternativas para resolver estes problemas. Conseguiram, através de Sistemas Especialistas Baseados em Regras, resolver grande partes deles. Mas ainda não conseguiram atender às exigências dos especialistas no que diz respeito às necessidades nutricionais. Isto se deve à grande quantidade de conhecimento necessário à construção de Sistemas Baseados em Regras para representar as tarefas de diagnóstico nutricional e elaboração de dietas num único sistema.

Devido à reduzida necessidade de conhecimento o modelo de RBC, surge como uma alternativa poderosa na construção de sistemas inteligentes para propiciar a realização de uma prescrição dietética baseada no diagnóstico obtido no próprio sistema. O paradigma de RBC é demonstrado com mais detalhes na seção à seguir.

3.2. O RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS

Solucionar novos problemas pela adaptação de soluções que foram utilizadas em problemas similares é a filosofia básica da metodologia de RBC (Hammond, 1989). A inspiração do modelo de RBC veio das pesquisas de Schank e Abelson (1977) sobre o armazenamento do conhecimento geral na mente humana através de *scripts* (*vide seção 3.1.4.1. Scripts*). Segundo Schank, os *scripts* ficam armazenados na memória e todas as vezes que um evento ocorre, o *script* referente a um evento similar é acessado. Os sistemas de RBC representam o ato humano de lembrar um episódio passado quando se deparam com uma situação similar, simulando assim o raciocínio analógico

O Raciocínio Baseado em Casos é uma ferramenta de IA que utiliza o conhecimento de experiências para resolver problemas atuais (Kolodner, 1993; Leake, 1996; Weber, 1997). O que torna a técnica de Raciocínio Baseado em Casos diferente de outras técnicas de IA é a sua capacidade de utilizar o conhecimento adquirido em uma

experiência para resolver problemas manifestados em outra experiência semelhante. Os sistemas de RBC retêm cada nova solução, tornando-a disponível para a resolução de futuros problemas. Duas hipóteses apoiam o emprego deste raciocínio: a de que problemas similares têm soluções similares e a de que os problemas tendem a se repetir (Leake, 1996). A facilidade de implementação do RBC e a sua adaptabilidade a um grande número de domínios de conhecimento têm sido demonstradas através de aplicações científicas e comerciais (Plaza e Aamodt, 1994).

Os sistemas de RBC representam o ato humano de comparar problemas e suas soluções com lembranças de experiências assemelhadas. A forma de representação computacional do conteúdo e do contexto de uma experiência é o que chamamos de caso. A comparação entre os casos é efetuada pela avaliação de similaridade entre um novo caso e um já contido na base de casos. A avaliação de similaridade entre os casos é guiada através de índices, que são características importantes definidas nos casos. Os casos mais similares são então recuperados. A fase de revisão escolhe o caso mais parecido para finalizar o raciocínio (Kolodner 1993, Weber, 1998). O raciocínio desenvolvido no sistema sobre qualquer domínio é uma tarefa interativa, realizada através do ciclo de RBC, como sugerido por Aamodt e Plaza (1994).

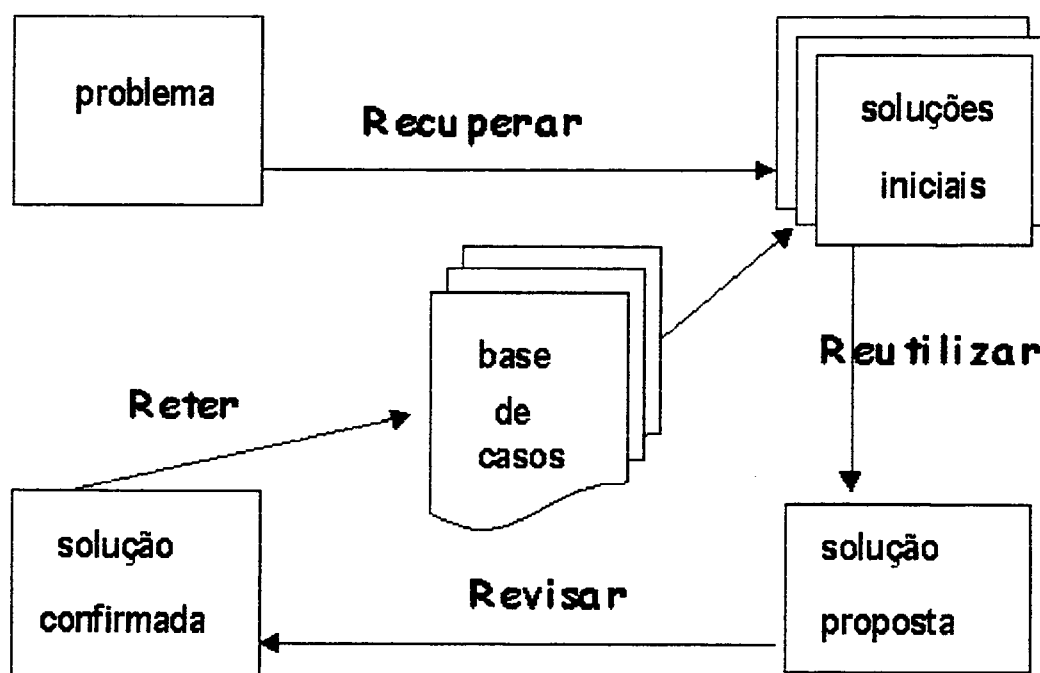


Figura 2: O ciclo do RBC

O ciclo de RBC, consiste em quatro etapas de desenvolvimento:

- Recuperação: o processo de selecionar um ou mais casos da base de casos através da comparação de um novo caso com um dos casos da base de casos;
- Reutilização: o conteúdo de um caso da base é usado para solucionar um novo caso;
- Revisão: o efeito da solução proposta é valorizado e agregado à base de casos;
- Retenção: a soma de uma nova experiência.

O sistema proposto nesta dissertação seguiu estas etapas para o seu desenvolvimento. Na próxima seção são descritas as etapas consideradas relevantes para a construção do sistema proposto.

3.2.1. O desenvolvimento de Sistemas de RBC

3.2.1.1. Recuperação

A etapa de recuperação consiste em realizar uma busca na memória de casos. Inicia com uma descrição do problema e termina quando o melhor caso é encontrado. A busca por casos é feita através de algoritmos que selecionam os casos de acordo com a similaridade dos casos da base para com o problema de entrada. Desta busca, resulta a sugestão de um caso a ser reutilizado. Entre os casos da base, um ou conjunto de casos pode ser selecionado para compor a sugestão de solução do problema de entrada. As tarefas envolvidas na etapa de recuperação de casos são:

- Avaliação de similaridade;
- Indexação;
- Seleção .

Os casos que combinam com todas as características de entrada são os melhores casos candidatos, mas, dependendo da estratégia, casos que apresentem combinação apenas com uma parte do problema também podem ser recuperados. A pesquisa em RBC tem focado os algoritmos de busca, procurando minimizar o tempo de busca e recuperação. A procura por uma similaridade total entre os casos é muito dispendiosa; em alguns casos procura-se uma combinação parcial entre os casos candidatos ou

restringe-se a busca em uma determinada categoria de casos. Desta foram os algoritmos de busca são dirigidos a fazer um primeiro corte para distinguir quais os casos candidatos mais relevantes para uma determinada solução (Kolodner, 1993).

3.2.1.2. Avaliação de Similaridade

O grau de similaridade é fundamental para a busca, pois a recuperação é feita através da similaridade entre os casos. O conceito de similaridade é genérico e profundamente influenciado pelo conhecimento especialista do domínio. Em RBC, existem quatro espécies de similaridade:

- Similaridade semântica: é o tipo mais simples de similaridade, pois não considera fatores contextuais, se referindo aos atributos que são sintaticamente idênticos em duas situações;
- Similaridade estrutural: é mais complexa que a anterior. Os casos devem estar ligados por meio de estruturas isomórficas. O isomorfismo depende da consistência da ligação de proposições, predicados ou argumentos. Por exemplo, dois casos são similares se as suas estruturas de relações e argumentos forem semelhantes;
- Similaridade organizacional: é imposta aos casos armazenados em localizações próximas na memória de casos;
- Similaridade pragmática: duas partes são pragmaticamente similares se ocuparem papéis similares em suas respectivas situações.

A avaliação de similaridade ocorre após a identificação das características do problema de entrada. Com isso, os índices do caso de entrada são comparados aos índices de cada caso candidato da base, gerando uma medida de similaridade para cada caso da base.

A similaridade é o ponto crucial do RBC, pois é a partir dela que todo o processo de raciocínio se fundamenta, tornando esta técnica viável (Kolodner, 1993). A similaridade do caso a ser solucionado (caso de entrada) é avaliada com relação aos casos candidatos. O que faz um caso ser ou não similar é a semelhança das

características ou atributos que realmente representam o conteúdo e o contexto da experiência em questão.

O conhecimento do especialista é necessário na avaliação de similaridade, pois avalia a similaridade entre dois casos. Após a determinação da similaridade, deve-se fazer uma segunda etapa de aquisição de conhecimento com o especialista, para a definição dos pesos. Desta forma, o especialista determina quais são os índices mais importantes. Neste momento deve-se utilizar algumas técnicas de aquisição do conhecimento, para tentar apurar o peso ideal para cada atributo afim de que todos os aspectos que envolvam a recuperação estejam representados da forma que o especialista deseja. Uma das maneiras de adquirir o conhecimento com o objetivo de determinar o peso dos índices é solicitar ao especialista que faça uma lista dos atributos em ordem de importância (Weber, 1996). A medida de similaridade é o valor numérico resultante do uso da métrica. A métrica é uma função numérica que calcula sinteticamente os valores de similaridade individuais, combinadas as suas importâncias, resultando numa medida. Esta medida serve de referência para ordenar os casos mais similares (Weber, 1996).

3.2.1.3. Indexação

Em sistemas que utilizam o modelo de RBC, a função da indexação é permitir conexões relevantes entre um problema atual e o conhecimento armazenado na memória (Oxman, 1992). Não podemos discutir recuperação e similaridade sem considerar a indexação, que é um processo complexo no desenvolvimento de sistemas de RBC. A indexação é a essência do raciocínio na base de casos, pois guia a determinação da similaridade. A resposta para a questão: "*o que faz um caso similar a outro?*" é o conjunto de índices que representam características relevantes dos casos (Kolodner, 1993). Os indexadores determinam qual atributo deve ser comparado entre os casos. A comparação permite a recuperação de casos semelhantes que contribuam para uma solução. De acordo com Kolodner, (1993), os índices devem ser:

- Previsíveis;
- Abstratos o suficiente para permitirem uma generalização;
- Concretos para serem facilmente reconhecidos;

- Úteis: um índice útil tem como propósito poder ser também relacionado com a solução do caso de entrada, a alguma falha ou a um resultado.

O conhecimento do especialista é condição *sine qua non* para o sucesso de um vocabulário de índices, pois é nele que está representado o conhecimento do especialista no momento da escolha dos índices. A tarefa da Engenharia do Conhecimento no processo de indexação é antecipar como o usuário encara um problema e porque gostaria de recuperar algo. O processo de indexação é uma oportunidade de aprimorar experiências pouco descritas e torná-las valiosas e úteis para o sistema. Esta meta é transposta pela interpretação correta da experiência do ponto de vista do especialista. Ele permite a identificação do sentido intrínseco e a correlação de objetos ativos desta experiência. Uma maneira de alcançar estas relações é representar a correspondência entre causas e efeitos. Em alguns casos, é necessária a utilização de um indexador automático. A indexação automática pode ser usada num sistema através de métodos de aprendizagem que automaticamente adicionam casos adaptados à base.

3.2.1.4. Adaptação

A reutilização é caracterizada pela adaptação da solução armazenada num caso recuperado, conforme a necessidade do caso de entrada. A reutilização da solução de casos recuperados se concentra em dois aspectos:

- a diferença entre o caso passado e o atual;
- que parte do caso recuperado pode ser transferida para o novo caso.

Em sistemas cuja tarefa é a classificação a solução do caso recuperado é transferida para o caso atual. Porém, em alguns sistemas as diferenças devem ser consideradas, uma vez que a ligação entre dois casos não é perfeita, a reutilização se faz por um processo de adaptação.

A etapa de revisão confirma a seleção do caso escolhido e avalia suas diferenças com o problema de entrada, orientando a adaptação. O próximo passo é comparar o caso selecionado ao problema de entrada para verificar se há a necessidade de adaptar a

solução contida no caso. A adaptação tem a função de alterar um caso, para solucionar o problema de entrada, quando for necessário.

A adaptação representa o grande gargalo nos sistemas de RBC (Leake, 1993). Pelo fato de nenhum problema passado ser exatamente igual a um problema atual, soluções passadas geralmente necessitam ser adaptadas para solucionar novos problemas (Kolodner 1993). A adaptação pode ser uma simples substituição de um atributo da solução por outro ou uma complexa modificação na estrutura da solução.

A adaptação pode ser feita através da (Watson, 1997):

- Inclusão de um novo comportamento à solução recuperada;
- Eliminação de um comportamento da solução recuperada;
- Substituição de parte de um comportamento.

Contudo, a adaptação não é considerada essencial para todos os sistemas de RBC. (Watson, 1997). Muitos sistemas comerciais de RBC não necessitam de adaptação. Eles simplesmente disponibilizam a solução para o usuário, deixando-o livre para proceder a adaptação. Isto ocorre devido a grande complexidade exigida para a implementação da adaptação. Watson, (1997) aconselha evitar a adaptação, a menos que se utilize parâmetros bem definidos para a sua realização, pois *“a adaptação é o calcanhar de Aquiles nos sistemas de RBC.”*

O usuário deve ser considerado quando se pensa em adaptação. Dependendo do público a que se destina o sistema, é possível perguntar ao usuário se ele deseja que o sistema faça adaptação. Caso a resposta seja afirmativa, a adaptação deve ser feita de modo que o usuário possa interagir com as modificações, decidindo por sua aplicação total, parcial ou ainda descartando-as.

A adaptação pode ser empregada com uma avaliação do especialista, como é proposto por Porter e Bareiss no sistema PROTOS. O sistema sempre pergunta ao especialista se a solução encontrada é satisfatória ou não. Caso a resposta seja negativa o sistema efetua uma nova busca na base de casos tentando adaptar a solução proposta (Bareiss e Slator, 1991). A adaptação é uma importante etapa nos sistemas de RBC. Ela

é possível através de várias técnicas e deve ser efetuada com a supervisão do especialista. Contudo, nem sempre é um procedimento desejado no sistema, pois necessita de grande quantidade conhecimento.

No presente sistema, a adaptação será feita apenas durante a fase de aquisição dos casos, com a supervisão de especialistas em Nutrição. A adaptação será feita através de atributos, que podem ser adaptáveis ou não. A definição da adaptabilidade dos atributo é definida pelo especialista.

Os atributos que não podem ser adaptados são aqueles responsáveis pelo diagnóstico de risco nutricional e estão contidos nos protótipos. Esses atributos representam o conhecimento geral do especialista. Por exemplo, o atributo mais importante nos protótipos é o índice IMC, pois determina em que categoria de risco nutricional o indivíduo pode ser inserido.

Os atributos adaptáveis orientam a recuperação dos casos. Eles são responsáveis pela individualização da dieta, pois representam as características individuais de cada caso. Após o preenchimento da base de casos esses atributos passarão a ser índices.

3.2.1.5. Retenção

Nesta etapa o sistema incorpora ao caso tudo o que for útil na resolução do problema. O aprendizado do sucesso ou das falhas da solução proposta é efetuado depois da avaliação e possíveis reparos. A retenção envolve selecionar qual informação é relevante, a forma de retê-la, como organizar o caso para posterior utilização e ainda como integrar o novo caso na estrutura da memória.

Os casos conduzem um sistema de RBC a tomar decisões e a aprender de três formas:

- Generalização e especialização;
- Pesquisa dirigida;
- Avaliação corporativa.

A tomada de decisões é o resultado de processar e pesquisar em uma estrutura de conhecimento. O raciocínio é feito através de algoritmos que guiam o sistema ao

encontro de soluções para o novo caso e modificam as estruturas de conhecimento existentes.

A generalização é uma regra aplicada dedutivamente para resolver ou classificar novos problemas e identificar partes importantes de um problema. Desta maneira, um caso é um elemento que serve para inferir ou derivar uma generalização. Uma generalização pode ser imposta ou pode ser derivada de uma explicação.

Os casos passados podem servir como meio de avaliação. Um problema comum pode ser avaliado por comparação de suas características com casos passados. Esta é a aprendizagem por indução. Os sistemas de RBC envolvem pelo menos alguma combinação dos três métodos.

3.2.2. Conhecimento Especialista em RBC

O RBC, como uma técnica de IA, adquire o conhecimento do especialista para efetuar uma tarefa no seu domínio, através do engenheiro do conhecimento. O modo de representação dos casos é uma questão de demanda do domínio do conhecimento do especialista. A organização dos casos na base de casos também depende do conhecimento sobre o domínio. A definição das medidas de similaridade tem origem na identificação do que faz um caso ser similar a outro e depende unicamente do domínio. Assim, segundo Weber (1998), o especialista é necessário para representar o conhecimento em vários passos do desenvolvimento de um sistema de RBC:

- na representação dos casos: somente um especialista será capaz de avaliar a relevância e a viabilidade da sugestão de uma solução em um caso similar;
- na organização dos casos na memória;
- em como efetuar a procura por casos similares na memória de casos;
- em identificar o que faz um caso ser parecido com outro;
- em apresentar resultados para o usuário.

Os sistemas baseados em RBC lidam com o conhecimento de formas diferentes. O conhecimento do especialista varia conforme cada aplicação, e sua representação dependerá do objetivo que se pretende atingir com a construção do sistema. A função do raciocínio analógico em lembrar episódios passados fornece ao sistema RBC a habilidade para resolver diferentes tipo de problemas. Watson (1997) enumera as seguintes tarefas de aplicações do RBC: diagnóstico, determinação, controle do processo, previsão, planejamento, projeto e configuração.

Uma das vantagens dos sistemas de RBC é a necessidade reduzida de aquisição de conhecimentos (Watson, 1997). É possível representar uma consulta nutricional, com diagnóstico e conduta através de casos. Em Sistemas Baseados em Regras, a aquisição de conhecimento é muito mais difícil, pois a representação do conhecimento no sistema através de regras nem sempre representa a realidade. A manutenção das bases de regras é mais complexa devido a forte dependência entre as regras; por isso, os efeitos de alterações nas regras são difíceis de prever.

O que se pretende, com a utilização do RBC é facilitar a manutenção e atualização da base de casos, pois o domínio da Nutrição está em constante evolução. A manutenção de uma base de casos é mais fácil, pois os casos são independentes, ou seja, casos novos e relevantes podem ser adquiridos e casos repetidos ou obsoletos podem ser descartados. O conhecimento é representado através dos casos, o que torna fácil a sua compreensão, por retratar as experiências descritas por especialistas.

3.2.3. Casos e base de casos

As entidades mais importantes envolvidas no processo de raciocínio e de armazenamento de conhecimento de um sistema de RBC são os casos e a base de casos. O caso representa uma experiência ou a interpretação de uma experiência. A base de casos consiste num conjunto de casos e o procedimento de acesso a estes casos (Kolodner, 1993).

O termo *engenharia dos casos* refere-se aos esforços empregados pelo engenheiro do conhecimento na construção dos casos. De acordo com Leake (1996), é o esforço para delimitar o conteúdo do caso, definindo a representação do caso e a

extração de toda a informação nele contida. O conteúdo e o contexto da experiência do domínio de conhecimento são representados através dos casos. Os casos no sistema em questão são pedaços do conhecimento nutricional (consulta nutricional). O caso representa uma consulta feita por um nutricionista. A questão de representação dos casos abrange também a escolha do modelo computacional a ser usado. Em princípio, todos os modelos de IA podem ser utilizados. A escolha destes modelos e as formas de recuperação dependem do tipo de problema e de como se pretende adquirir o conhecimento. A escolha do tipo de memória a ser utilizada também depende da tarefa e do domínio estudado. A seguir será apresentada a construção da memória em sistemas de RBC.

3.2.5. Construção da Memória

A base de casos consiste no conjunto de casos que representam o conhecimento em um sistema de RBC. A memória do sistema compreende a base de casos e os mecanismos de acesso dessa base a outros módulos da arquitetura do sistema (Kolodner, 1993). Apesar de ser um dos primeiros modelos de representação de conhecimento de IA, o modelo de memória com o uso de redes semânticas não é capaz de representar o conhecimento em sua totalidade (Slade, 1991). Como consequência dos esforços dos psicólogos também interessados na busca de um modelo de representação, Tulvig (1983) apresentou o modelo de memória episódica. No intuito de encontrar um paradigma capaz de representar o conhecimento, os pesquisadores de IA continuavam sua busca, com os melhores resultados alcançados pela equipe de Roger Schank (1982) em Yale. Suas pesquisas desencadearam o desenvolvimento do modelo de memória conceitual (Schank, 1982) dos *scripts* e, posteriormente, dos "MOPs", pacotes de organização de memória, e do modelo de Memória Dinâmica (Schank, 1982).

Os modelos de construção de memória dependem do objetivo do sistema. Um tipo de memória utilizado na tarefas de classificação e diagnóstico é a Memória Prototípica, proposta por Bareiss e Slator (1986), que descrevemos na próxima seção.

3.2.6. A Memória Prototípica

Segundo Kolodner (1993), a classificação é um processo que determina a categoria em que algum objeto pode ser inserido. Por essa definição, a tarefa de diagnóstico pode ser vista como uma tarefa de classificação, de uma doença ou distúrbio, segundo um conjunto de sintomas. Kolodner (1993) propõe o termo classificação baseada em exemplares para descrever a classificação realizada através do encontro do exemplar mais similar ao caso de entrada, apontando a classificação do caso de entrada. O processo de sistemas baseados em casos é bastante eficiente na tarefa de classificação (Kolodner, 1993; Schmidt e Gird, 1997). Um sistema que representa bem essa tarefa é o PROTOS, desenvolvido por Bareiss e Slator (1981).

O sistema PROTOS realiza a tarefa de diagnóstico em distúrbios auditivos. A entrada do sistema são a descrição dos sintomas e os resultados de testes. Através desses dados ele identifica o tipo de distúrbio apresentado pelo paciente. Inicia pela utilização de indícios superficiais do caso de entrada, para traçar uma hipótese diagnóstica inicial. Ele tenta verificar a hipótese pelo encontro de um exemplar (protótipo) de uma categoria que combine adequadamente com o caso de entrada. Para fazer isso, ele escolhe um protótipo da categoria, inicia o processo e tenta classificar o caso de entrada. Se o caso de entrada e o protótipo escolhido combinarem perfeitamente, ele considera o processo encerrado. Se não, inicia o ciclo de *debug*. Utilizando os resultados da combinação, escolhe um protótipo alternativo que pode apresentar uma melhor combinação com o caso de entrada.

O que torna a tarefa de classificação complexa é a descrição dos sintomas necessários à classificação. Geralmente, a descrição abrange uma longa lista de características, mas o sistema necessita de apenas alguns termos funcionais. O PROTOS lida com o problema da classificação pela determinação de uma primeira hipótese baseada em indícios. Utiliza o processo de combinação baseado em conhecimento (*knowledge-based matching*) que avalia a similaridade funcional para verificar as hipóteses e guiar a formação de hipóteses subsequentes. As primeiras hipóteses são

baseadas em descrições superficiais de sintomas. O conhecimento obtido no processo de combinação pode ser usado para guiar formulações posteriores de hipótese se a indexação dos casos na memória permitir. A hipótese traçada inicialmente pode ser considerada como um alicerce para a continuação do processo de classificação. O sucesso do método de classificação empregado no PROTOS depende de três fatores:

- Funções de combinação baseada em conhecimento (*knowledge-based matching*) que avaliam a similaridade baseadas em correspondências funcionais, causais e correlacionais
- Ligações semânticas ricas entre protótipos em sua base de casos, baseada em características superficiais e características derivadas do processo de combinação.
- O processo de aquisição de conhecimento orientado por falhas, integrado com o processo de classificação, que atualiza o conhecimento funcional usado pelas funções de combinação e junções entre os casos.

Portanto, o processo de classificação do PROTOS depende das ligações entre descritores, categorias e casos. A memória do PROTOS possui quatro tipos de ligações que permitem a escolha de protótipos para comparação:

- **Ligações de lembrança:** associa características com categorias e protótipos. São utilizadas na formação das hipóteses;
- **Ligações censoras:** fornece associações negativas. Elas permitem ao PROTOS descartar as hipóteses previstas pelas ligações de lembrança;
- **Ligações prototípicas:** associam as categorias com seus protótipos. Elas podem ser de dois tipos: fraca e forte. Estas ligações são usadas para escolher um protótipo. Os protótipos preferidos são os fortes. Os protótipos fracos são escolhidos somente se a tentativa de combinar falhar ou não houver uma formulação de hipótese;
- **Ligações diferenciais:** armazenam as diferenças importantes entre os protótipos e permitem a busca entre os protótipos durante o processo de classificação.

A Memória Prototípica, que utiliza protótipos, é indicada especificamente para sistemas que realizam a tarefa de diagnóstico e classificação (Kolodner, 1993). Ela é utilizada para classificar um novo caso de entrada dentro de uma das categorias

representadas nos protótipos. Os protótipos são representações genéricas do conhecimento. Podem ser casos típicos ou descrições abrangentes de um problema, capazes de classificar um caso em uma categoria. Por exemplo, podem ser um conjunto de sintomas ou características que descrevem um distúrbio alimentar. Schmidt e Girl (1997) acreditam que este tipo de raciocínio deve ser considerado, principalmente, na tarefa de diagnóstico. Os protótipos representam o conhecimento geral do domínio. A principal proposta da generalização do conhecimento é guiar o processo de recuperação.

Uma das vantagens deste modelo de memória é o incremento na velocidade da recuperação dos casos. O caso de entrada é classificado em uma categoria (ou protótipo) para posteriormente procurar o caso mais similar somente entre os casos associados a esse protótipo. A Memória Prototípica consiste numa representação de conhecimento especialista condizente com a forma de como este conhecimento é adquirido, ou seja, os especialistas normalmente adquirem informações sobre o seu domínio de conhecimento de forma abstrata e genérica (Heinisch, 1997). A utilização de casos orientados pelo conhecimento geral representa uma oportunidade de estruturar a base de casos. Os casos podem ser agrupados em grupos, doenças ou esquemas (Schmidt e Girl, 1997).

Outra vantagem desta memória é a possibilidade de construção de uma memória que, apesar de pequena, consegue abranger um subdomínio por inteiro, podendo servir de base inicial para um sistema que cresça, em robustez, com o próprio uso. Dentro do projeto no qual o presente trabalho se insere, a utilização da Memória Prototípica visa construir uma memória capaz de abranger o subdomínio de risco nutricional, contemplando o conjunto essencial de categorias de prescrições dietéticas indicadas.

Se os sistemas contivessem apenas o conhecimento geral, seriam extremamente limitados e não seriam capazes de individualizar uma resposta. O caminho para solucionar este impasse é estruturar uma base protótipos que apontem para os respectivos casos específicos.

Um sistema, depois de pronto, precisa ser avaliado quanto a utilidade e eficiência de suas respostas. Para tanto, existem técnicas de validação e verificação propostas por alguns autores, que são apresentadas na próxima seção.

3.2.7. Validação e Verificação

O teste ou avaliação de um sistema de RBC envolve dois processos separados denominados verificação e validação. Segundo Watson (1997), a verificação avalia o grau de precisão na realização das tarefas propostas, já a validação avalia a sua eficiência.

Não existe um método específico de verificação e validação para sistemas desenvolvidos em RBC, devido a este ser um modelo novo e sujeito a experimentações (Watson, 1997). Os sistemas de RBC, por manipularem o raciocínio e o conhecimento humano, podem se utilizar de métodos de validação provenientes de outras técnicas de IA. Esta é uma conclusão baseada em senso comum, verificada em diversos autores (Kolodner, 1993; Watson 1997; Weber 1998). Portanto, a avaliação de um sistema de RBC pode ser feita adaptando-se os métodos de validação de outros sistemas inteligentes. Um modo fácil de avaliar a utilidade da escolha por um sistema de RBC é verificar se a tarefa executada pelo especialista humano pode ser baseada em casos. Em termos gerais, estas são algumas das características a serem consideradas para avaliação de sistemas de RBC:

- Escolha do problema: se o problema é próprio para o tipo de raciocínio a ser representado;
- Características técnicas: estabilidade e operacionalidade do sistema;
- Características organizacionais: se o sistema é adequado à operação dentro de uma organização;
- Características econômicas: retorno do investimento, aumento na qualidade de serviços;
- Qualidade e eficiência com relação às principais etapas de um sistema baseado em casos: recuperação, adaptação, representação dos casos e aprendizagem.

Além de avaliar-se a eficiência e qualidade, deve-se considerar se o aumento de robustez resultante da aprendizagem irá realmente beneficiar a qualidade do sistema ou diminuir sua velocidade, utilidade e eficiência. Ao contrário dos sistemas baseados em

regras, os sistemas de RBC são dinâmicos e adquirem os casos para a base através de aprendizagem, por isso a base de casos se expande continuamente (Watson, 1996).

A avaliação comparativa do sistema deve ser feita com especialistas humanos em dois momentos: num primeiro, um especialista ou vários avaliam as respostas dadas pelo sistema, num segundo momento, o especialista utiliza o sistema como um colega ou um assistente técnico. Nesta etapa, calcula-se os percentuais com que o especialista utilizou as sugestões oferecidas pelo sistema. Se o sistema atingiu 90% de respostas certas, pode-se considerá-lo satisfatório. As respostas do sistema devem ser comparadas com as respostas de especialistas para o seu desempenho com relação ao especialista humano

Watson (1997) aconselha a utilização de uma verificação similar ao de sistemas baseados em regras em um sistema de RBC. Contudo, a verificação é mais difícil em RBC do que em sistemas baseados em regras. Embora, o RBC forneça um modelo mais plausível do raciocínio humano, ainda é relativamente novo e são necessários mais trabalhos para definir métodos de avaliação.

Quanto à verificação, Watson (1997) sugere os seguintes tópicos:

- Precisão da recuperação: quando o caso alvo é parte da base de casos a medida de similaridade deve ser de 100%. Se isto não acontecer, então há algo de errado no sistema
- Consistência da recuperação: quando é testada a recuperação do mesmo caso por duas vezes, a precisão deve ser a mesma, se isto não ocorrer, pode haver um erro no algoritmo de recuperação.
- Duplicação de casos: um caso deve combinar exatamente com ele mesmo, não devem haver dois casos idênticos na base de casos.
- Cobertura dos casos: é aconselhável que exista uma distribuição homogênea de casos no espaço do problema

3.2.8. Vantagens Do RBC

Abaixo estão descritas algumas vantagens oferecidas pela técnica de RBC que inspiraram o desenvolvimento do sistema:

- Aquisição do conhecimento: pode ser feita pelo preenchimento direto dos fatos que descrevem uma experiência (Simoudis, 1991);
- Aprendizagem e atualização: podem ser feitas automaticamente, na medida em que as experiências são utilizadas. Dessa forma o sistema pode crescer em robustez e incrementar a sua eficiência (Kolodner, 1993);
- Fácil acesso às soluções: recuperação rápida e fácil da solução que não precisa ser reconstruída totalmente mas pode ser adaptada conforme a necessidade do problema. (Kolodner, 1993).
- Raciocínio implícito: a incerteza implícita nas afirmações contidas nos casos é utilizada sem a necessidade de um tratamento específico (Riesbeck e Schank, 1989); desde que o problema referido no sistema seja identificado corretamente, não é preciso que o sistema entenda perfeitamente as condições e circunstâncias do problema para propor uma solução (Leake, 1996).
- A metodologia de RBC aparece como uma via alternativa para a construção de sistema inteligentes, visto que é baseada fundamentalmente em experiências. A seguir, um breve histórico sobre as aplicações de RBC no domínio de elaboração de cardápios

3.2.9. Sistemas de planejamento de cardápios baseados no modelo de Raciocínio Baseado em Casos.

O planejamento de refeições para um conjunto de indivíduos deve considerar e incluir preferências pessoais. Por exemplo, numa refeição para vegetarianos não restritos pode-se utilizar um cardápio rico em legumes, verduras, queijos, leite e seus derivados, excluindo-se as carnes. Contudo, se naquele grupo de vegetarianos para o qual foi planejado o cardápio houver uma pessoa intolerante ao açúcar do leite, a lactose, deve-se preparar uma refeição que não contenha leite e derivados, mas que ainda apresente características vegetarianas. Para a elaboração destes cardápios a utilização de exemplos é útil para tentar derivar uma solução para o problema (Kolodner, 1993).

O modelo de RBC pode adaptar soluções que já foram utilizadas para atender novas demandas. Isto é possível utilizando-se casos para encontrar novas soluções, criticar novas soluções, raciocinar através de precedentes para interpretar uma nova solução ou ainda criar uma solução equivalente para um novo problema (Kolodner, 1993). Por isso, pode-se utilizar o RBC para desenvolver sistemas capazes de planejar cardápios. O sistema lembra de situações similares para solucionar um problema atual. A aplicação de RBC no domínio da elaboração de cardápios tem sido bastante explorada. Existem sistemas de RBC que encaram essa tarefa por diferentes ângulos: através de planejamento (CHEF e CAMP) e de projeto (JULIA).

3.2.9.1 O CHEF

Cristian Hammond (1986) projetou o CHEF, que é um sistema de RBC no domínio do planejamento de receitas. Neste programa, a principal tarefa é o planejamento. As receitas são vistas como planos. Os usuários do sistema são os serviços de alimentação e usuários comuns. O CHEF planeja através de lembrança de receitas que foram utilizadas com sucesso em situações similares e modifica as receitas de acordo com as novas condições impostas pelo problema de entrada. O problema de entrada do sistema é um conjunto de objetivos que devem ser atendidos e a solução é composta por sugestões de receitas. Os casos foram construídos para avaliar, solucionar e reparar falhas. O método de avaliação empregado foi a projeção de casos. A indexação foi efetuada através da descrição dos objetivos, priorização de restrições e fatores que causam falhas em potencial. A adaptação é feita pela reinstanciação dos casos que eram reexaminados, empregando-se uma heurística de reparos. A recuperação é feita por uma rede de pesquisa discriminatória. O raciocínio empregado implica em avaliar a situação para planejar. O objetivo do raciocínio é antecipar, recuperar, adaptar, reparar. A realização dos passos do sistema segue um *script*:

- 1º: reinstanciação do plano antigo;
- 2º: aplicação de propósito especial para crítica relacionada ao objeto;

A marca registrada do RBC é aprender com as experiências, por isso foi projetado um mecanismo de *feedback* que simula uma avaliação para detecção de falhas nas

receitas, ou seja, combinações mal feitas de ingredientes numa receita. Quando o sistema encontra uma falha, corrige segmentando o problema, reformula a solução e livra o programa da falha. O sistema ainda busca por alternativas através da classificação das falhas baseadas nas relações causais entre objetivos e planos. Os passos dessa estratégia de reparo são selecionados através de TOPs e individualização de preditores (*predictors*). Por isso, a indexação é um recurso muito importante no CHEF.

3.2.9.2. O JULIA

O sistema JULIA foi projetado por Hinrich e Kolodner (1992) no domínio de planejamento de refeições, realizando tarefa de projeto. Os públicos-alvo do sistema são serviços de alimentação e usuários. O objetivo do sistema é planejar refeições simples para diversos usuários, como em um restaurante. O planejamento do cardápio, efetuado pelo sistema, permite a cada cliente escolher seus pratos favoritos, e nas preparações, busca a combinação adequada entre os alimentos. A entrada do sistema é composta por restrições impostas pelo usuário e a saída é a satisfação das restrições. Através da determinação dos índices (indexação) é feita a especificação do problema. O método de ajuste da situação empregado é o *checklist*. A recuperação dos casos é feita por redes discriminatórias redundantes. A seleção dos casos é realizada através do senso comum e de um propósito especial para estrutura heurística modificada. Os recursos de conhecimento empregados são:

- casos;
- restrições;
- projetos;
- preferências.

O destaque deste sistema é a arquitetura em módulos para a recuperação dos casos, o que possibilita a adaptação e o envio de restrições. Os problemas que não forem resolvidos pela recuperação de casos serão decompostos e solucionados por: RBC + envio de restrições e propagação. As restrições consideradas no sistema JULIA são baseadas em recomendações nutricionais:

- não repetir ingredientes;

- o sabor deve ser compatível;
- refeições nutricionalmente balanceadas.

O conhecimento geral do sistema é armazenado através de objetos prototípicos com conhecimentos sobre refeições. O conhecimento mais detalhado está contido nos casos. O sistema busca preencher as informações recuperando os casos similares e escolhendo entre os protótipos e casos. Quando surgem conflitos, ele tenta adaptar para reconciliar. A adaptação é feita através do relaxamento de restrições. Às vezes, pode ocorrer uma interrupção no processo devido a uma nova demanda ou quando um caso avisa que uma falha pode ocorrer. O sistema trata as interrupções como se fossem conflitos, tentando adaptar o problema sem prejudicar o projeto. A estrutura básica do sistema possui seis componentes:

1. Esquematizador de objetivos que mantém uma agenda de objetivos projetados;
2. Descritores de problemas e restrições são usados para indexar e classificar os casos;
3. Regras primitivas transformadas;
4. Painel de regras propagadoras de valores e restrições;
5. Sistema de manutenção do raciocínio, que grava as justificativas, as consequências das decisões e os recursos de valores;
6. Manutenção que auxilia na representação da solução, condizente com os objetivos do sistema que soluciona problemas

3.2.9.3. O CAMP

Marling (1996) desenvolveu o sistema CAMP para elaborar cardápios diários com base em recomendações feitas por um especialista em Nutrição e nas preferências individuais do usuário. Para a elaboração do cardápio são consideradas a combinação entre os nutrientes e as preferências individuais quanto ao número e tipo de refeição (desjejum, almoço, jantar, lanches intermediários). O sistema é todo desenvolvido através de casos. Segundo a sua autora, “*é um sistema puro de RBC*” (Marling, 1996). Como um sistema padrão de RBC, ele trabalha armazenando, recuperando e adaptando os

casos. Os cardápios são representados através de casos. A solução no CAMP é um cardápio diário. As principais características consideradas para planejar o cardápio são:

- nutrientes;
- tipo de refeição;
- número de lanches ;
- inclusão de alimentos.

Os casos são armazenados em uma estrutura de *flat memory*. Esse tipo de memória oferece maior flexibilidade, uma vez que os casos não estão ordenados em categorias. O mesmo cardápio pode ser adaptado e utilizado em diferentes situações e a organização desse tipo de memória ameniza o problema de implementações em paralelo para solucionar esse problema. Os cardápios para compor a base de casos foram coletados de diversas instituições americanas e a adequação dos nutrientes foi baseada no guia alimentar *Recommended Daily Intakes* (RDI). O sistema procurou atender padrões estéticos de cor, textura, temperatura, sabor e outros. A métrica de reutilização (*reusability metric*) foi utilizada para escolher um caso que atendesse aos objetivos com o mínimo de adaptação. O CAMP recupera o melhor caso pela determinação da métrica de reutilização. Se o melhor caso não combina exatamente com o caso de entrada, ele é utilizado como ponto de partida e outros casos mais similares são utilizados para auxiliar na adaptação. A adaptação é feita através de uma abordagem proposta pelo especialista em Nutrição:

1. Verificar o número de lanches. Ajustar se necessário;
2. Verificar os tipos de refeição. Trocar refeições para acomodar as preferências, se necessário;
3. Eliminar do cardápio os alimentos proibidos;
4. Verificar o valor calórico. Ajustar o tamanho das porções, se necessário;
5. Corrigir deficiências de nutrientes.

As opiniões feitas por profissionais da Nutrição que testaram o CAMP foram bastante favoráveis. Mas ainda sugeriram algumas modificações para melhorar ainda mais o sistema:

- Utilizar o RDA, pois o RDI é muito limitado quanto a avaliação dos nutrientes;
- Calcular as necessidades calóricas individuais segundo idade, sexo, peso, altura e atividade física;
- Permitir ao usuário a inclusão nos cardápios de seus alimentos favoritos.

Além da versão “pura” em RBC, Marling projetou também o CAMPER, que é um sistema planejador de cardápios baseado em casos acrescido de regras. O CAMPER é um sistema híbrido que combina os sistemas CAMP (RBC) e PRISM (Sistema Baseado em Regras).

A presente dissertação, com o intuito de desenvolver um sistema que realize as tarefas de diagnóstico nutricional e de prescrição de planos alimentares, buscou nas tarefas de projeto e de diagnóstico subsídios para executá-lo.

3.2.10. Diagnóstico e projeto em RBC

3.2.10.1. Diagnóstico

O diagnóstico é um tipo particular de problema de explanação. Um sistema procura explicar a causa de um conjunto de sintomas. A abordagem da explanação indica que pode-se explicar um fenômeno pela lembrança de uma situação similar, utilizando a sua explicação ou adaptando-a (Schank, 1986). Quando existe um número pequeno de explicações possíveis, pode-se encarar o diagnóstico como uma tarefa de classificação. Contudo, se num conjunto os sintomas não podem ser enumerados facilmente, então o diagnóstico é uma explanação. Os casos são úteis no diagnóstico pois apontam o caminho do raciocínio empregado previamente. Um exemplo é o sistema PROTOS que diagnostica distúrbios auditivos. Neste domínio os sintomas se manifestam de modo similar e apenas sutis diferenças pode identificá-los. Um novato não saberia como fazer, mas um especialista sim. O PROTOS inicia a sessão como um novato e quando comete

erros o especialista explica os erros a ele. Como resultado, o PROTOS aprende a identificar as diferenças sutis. O sistema aprende indicando as diferenças na memória, permitindo uma movimentação fácil de um diagnóstico óbvio para um mais apurado. Por exemplo, o sistema diagnosticou erroneamente um caso de distúrbio *coclear relacionado à idade*. Quando o especialista detectou o erro notificou ao sistema. O caso recuperado era de um *distúrbio coclear relacionado ao barulho*. A única diferença entre o caso candidato e o caso de entrada era a presença da informação idade (maior de 65) no caso de entrada. O especialista detectou o erro e notificou ao sistema. O PROTOS rediagnosticou o caso corretamente e inseriu a ligação da diferença entre o caso de distúrbio *coclear relacionado ao barulho* que tinha ajudado no diagnóstico original e o novo caso agora classificado de distúrbio *coclear relacionado à idade e ao barulho*.

Gerar um diagnóstico a partir do zero é uma tarefa que consome tempo. Na maioria dos domínios de diagnóstico, contudo, há uma regularidade suficiente para uma abordagem baseada em casos gerar diagnósticos eficientes. É claro que o especialista não deve assumir que o sistema tem todas as respostas. As sugestões fornecidas pelo sistema devem ser validadas. Contudo, a validação dos diagnósticos sugeridos é muito mais fácil do que gerar um diagnóstico plausível. Os sistemas de diagnóstico são:

- SHRINK - diagnóstico psiquiátrico;
- CASEY - diagnóstico de problemas cardíacos;
- PROTOS – diagnóstico de distúrbios auditivos.

3.2.10.2. Projeto

Os problemas de projeto são definidos através de um conjunto de restrições (Kolodner, 1996). O objetivo do sistema que realiza a tarefa de projeto é solucionar as restrições do problema. Normalmente, as restrições especificam o problema e possibilitam muitas soluções. O planejamento de refeições pode ser visto como uma tarefa de projeto. O sistema que projeta um cardápio deve satisfazer as preferências e aversões alimentares de seus usuários, manter a refeição economicamente viável e saborosa, além de considerar os ingredientes. Além disso, deve-se tornar o prato principal compatível com os outros pratos e tentar não repetir ingredientes na mesma

refeição. Como há muitas soluções possíveis, o maior problema é construir uma solução satisfatória. As restrições, que são normalmente usadas para especificar os problemas de projeto, fornecem um meio para avaliar se a solução encontrada é satisfatória.

Os casos do sistema baseado em projeto fornecem ilustrações dos múltiplos caminhos que foram utilizados em soluções passadas. A lembrança de casos antigos que foram criados com restrições similares ao novo problema pode ajudar o sistema a construir uma solução. O caso antigo sugere um projeto, ou um projeto parcial para o sistema. De fato, os projetistas informaram que a tarefa inicial de um projeto envolve a procura em arquivos ou livros para verificar como diferentes restrições foram resolvidas no passado. Alguns sistemas baseados em projetos são demonstrados na tabela 4.

Tabela 5: Sistemas de projeto desenvolvidos em RBC

Sistema	Tarefa
JULIA	Planeja refeições
CYCLOPS	Projetos paisagísticos
KRITIK e KRITIK 2	Conselhos mecânicos elétricos
CADET	Projetos industriais
ARCHIE e ARCHIE 2	Projetos arquitetônicos
CLAVIER	Projetos de componentes de aviões feitos em autoclave
MEDIATOR	Disputas
PERSUADER	Disputas sindicalistas

A tarefa de diagnóstico representa o raciocínio de especialistas na classificação dos pacientes em categorias de risco nutricional e a tarefa de projeto representa a prescrição de um plano alimentar individualizado.

3.2.10. CONCLUSÃO - RBC

O que torna a técnica de Raciocínio Baseado em Casos diferente de outras técnicas de IA é a sua capacidade de utilizar o conhecimento adquirido em uma experiência para resolver problemas manifestados em outra experiência semelhante, tornando-o disponível para a resolução de futuros problemas. As suas principais vantagens são a facilidade de implementação e adaptabilidade a um grande número de domínios de conhecimento. Os sistemas de RBC representam o raciocínio analógico humano. É a atribuição de uma qualidade a um objeto pela presença desta qualidade em outro objeto que, como o primeiro, já apresenta qualidades comuns. Este tipo de raciocínio utiliza o modelo mental de alguns conceitos através de experiências.

Os casos, em RBC, representam o conteúdo e o contexto de uma experiência. O problema de entrada (caso de entrada) é comparado aos casos candidatos da base que contém a descrição da solução. A comparação entre os casos é efetuada pela avaliação de similaridade entre caso de entrada e um já contido na base de casos. A avaliação de similaridade entre os casos é guiada através de índices, que são características importantes definidas nos casos. Os casos mais similares ao caso de entrada são então recuperados. A fase de revisão escolhe o caso mais parecido, cuja solução poderá ser utilizada ou adaptada para finalizar a tarefa.

O teste ou avaliação de um sistema de RBC envolve dois processos separados denominados verificação e validação. A verificação avalia se o sistema fornece respostas corretas, já a validação avalia se o sistema responde às necessidades do usuário. Não existe um método de verificação e validação específico para sistemas de RBC, devido a este ser um modelo novo e sujeito a experimentações.

Alguns sistemas de RBC, como o CHEF, o JULIA e o CAMP, demonstraram ser adequada a aplicação desse paradigma ao domínio da Nutrição. O sistema CAMP foi apresentado em um encontro de nutricionistas nos Estados Unidos. As opiniões feitas por profissionais da Nutrição que avaliaram o CAMP foram bastante favoráveis e ainda sugeriram algumas modificações para tornar o sistema mais dinâmico e confiável. O que



foi sugerido pelos profissionais da Nutrição nos EUA é que o sistema desenvolvido por Marling, também auxiliasse na tarefa de diagnóstico nutricional, através dos cálculos das necessidades individuais dos pacientes.

O presente sistema, desenvolvido nesta dissertação, realiza a tarefa de prescrição de planos alimentares com base no diagnóstico nutricional implícito. Essa tarefa busca auxiliar o profissional de Nutrição na obtenção de respostas rápidas e consistentes, uma vez que a base de casos foi preenchida com casos reais. Os detalhes da construção do sistema estão no capítulo a seguir.

4. APLICAÇÃO

“Real thinking has nothing to do with logic at all”

RIESBECK e SCHANK,

In: *Inside Case-Based Reasoning*

A meta do sistema desenvolvido na presente dissertação é prescrever um plano alimentar individualizado, através do diagnóstico de risco nutricional para doenças crônicas degenerativas que possuam relação com a alimentação. Para realizar esta tarefa buscou-se um paradigma de Inteligência Artificial que trouxesse respostas rápidas e consistentes para a resolução do problema proposto. A técnica escolhida foi a de Raciocínio Baseado em Casos, devido a sua reduzida necessidade de conhecimento na etapa de aquisição de conhecimento e da facilidade de representação do conhecimento.

4.1. ARQUITETURA DO SISTEMA

O caso de entrada contém a descrição do problema, ou seja, as informações relativas ao estado nutricional e clínico fornecidas pelo usuário. Inicialmente, o sistema busca classificar o caso de entrada em um protótipo de risco nutricional na base de protótipos. Passo seguinte é buscar um caso na base de casos, do referido protótipo, que seja similar ao caso de entrada e que apresente uma solução satisfatória – o plano alimentar. Se não houver um caso suficientemente similar ao caso de entrada, o sistema procederá então a adaptação. As fases de aquisição de protótipos, de casos e de adaptação foram feitas em conjunto com especialistas em Nutrição. A arquitetura do sistema, representada na figura 3, demonstra a idéia de funcionamento do sistema.

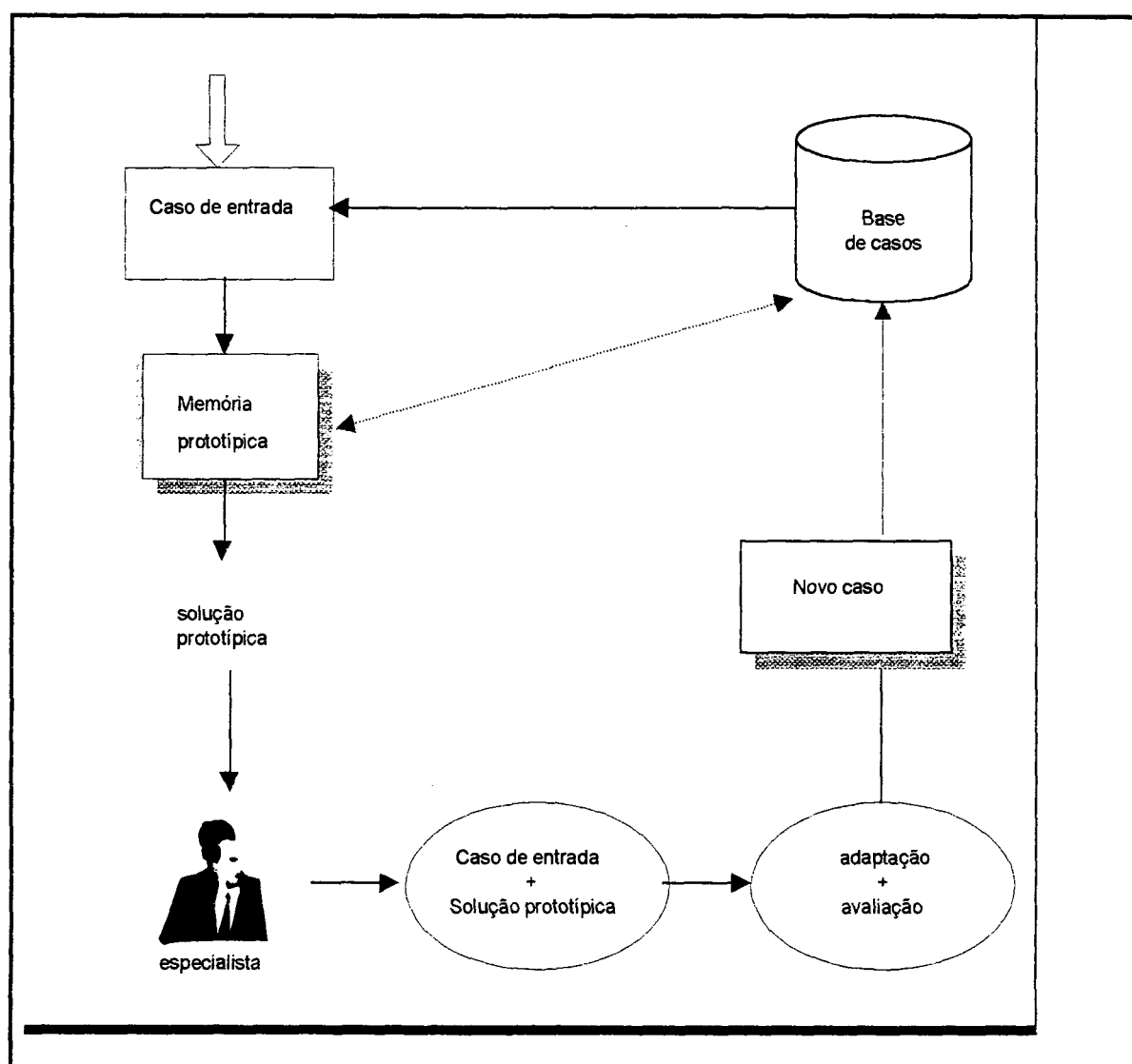


Figura 3: Arquitetura do sistema

A experiência é um fator de extrema importância para o especialista. O especialista em Nutrição, após construir o seu conhecimento através da teoria e da prática, utiliza as experiências passadas para solucionar novos problemas. Os especialistas em Nutrição realizam a tarefa de prescrição dietética através de dois processos:

- Primeiro: as características do paciente são avaliadas procurando-se encaixá-lo num grupo de risco nutricional; o sistema busca realizar esta tarefa através da comparação

da similaridade dos atributos do caso de entrada com os índices dos protótipos, classificando o caso de entrada em um protótipo.

- Segundo: através da classificação do indivíduo em determinada categoria de risco nutricional, nutricionistas procuram tratar o problema através de uma prescrição dietética individualizada, de acordo com as necessidades nutricionais e as preferências alimentares do paciente; o sistema executa a prescrição buscando características individuais contidas nos casos da base através das tarefa de projeto.

A aquisição e a representação do conhecimento são tópicos da Engenharia do Conhecimento muito importantes para o desenvolvimento do sistema proposto. Com o emprego da metodologia de RBC, o sistema é capaz de executar as tarefas de diagnóstico e prescrição a exemplo do especialista numa consulta, representando o seu modo de pensar e agir. Uma das vantagens dos sistemas de RBC é representar implicitamente o raciocínio. Por exemplo, no presente sistema, a solução, que é a prescrição do plano alimentar, é encontrada com base no diagnóstico de risco nutricional, que não é mostrado explicitamente ao usuário.

Através da construção dos protótipos buscou-se solucionar o problema da aquisição do conhecimento através da representação das principais categorias de risco nutricional com relação às doenças crônicas degenerativas. Os casos foram representados através de uma consulta em nutrição, na qual o nutricionista prescreve uma dieta com base nas características individuais de cada paciente. A escolha dos índices foi feita em separado para os protótipos e para os casos. Os especialistas efetuaram a avaliação das respostas do sistema na fase de reutilização. A validação da Memória Prototípica é discutida num capítulo à parte, já que é o elemento decisivo para a construção do sistema.

4.2. A REPRESENTAÇÃO DOS CASOS

Os casos constituem uma interpretação das experiências do domínio modeladas para executar a tarefa do sistema. A experiência em Nutrição pode ser expressa através de uma consulta com um indivíduo que possui um distúrbio nutricional, que é classificado de acordo com alguns sintomas e que merece uma dieta especial em conformidade com as suas necessidades, objetivos e adequação.

A aquisição dos casos foi feita de forma retrospectiva, em prontuários de uma clínica de cardiologia da cidade de Florianópolis, Estado de Santa Catarina. Foram pesquisados 200 prontuários, mas dentre esses, somente 50 puderam ser utilizados, por contemplarem todos os dados necessários à representação dos casos.

A interpretação apropriada da experiência é indicada pelos especialistas que escolheram as características que melhor descrevem o problema representado nos casos, como resultado da aquisição de conhecimento. O que torna complexa a tarefa desenvolvida pelo sistema é a descrição dos sintomas necessários à realização do diagnóstico e a relação deste com a prescrição de um plano alimentar individualizado. O conteúdo dos casos em um sistema para a prescrição nutricional é um conjunto de sintomas e características, sob a luz da descrição do problema e a prescrição da dieta é a solução do problema. No sistema proposto, o diagnóstico é implícito, pois não indica explicitamente qual o distúrbio nutricional que recuperou aquela prescrição, mas apresenta ao usuário a respectiva dieta.

A solução do caso indica como um problema foi solucionado em uma instância particular. Este componente pode ser retido ou pode incluir também uma pista do caminho da solução que foi derivada e/ou relacionar com cada parte da solução (Leake,1996). A descrição da solução é o plano alimentar específico para aquele indivíduo, segundo as suas necessidades nutricionais e preferências alimentares, contendo a prescrição da dieta, recomendações dietéticas e a sugestão de um cardápio

individualizado. Os casos são representados através da representação formulário, como foi descrito na seção 3.1.4.9. Representações Formulário.

Os atributos dos casos são em sua maioria adaptáveis e conferem o teor individualizado à prescrição do plano alimentar. Os atributos adaptáveis estão contidos nos casos e são responsáveis pela individualização da prescrição dietética. Constituem portanto, o conhecimento específico do especialista. Os atributos adaptáveis dos casos são:

- Idade;
- Sexo;
- Peso atual;
- Antecedentes familiares;
- Medicação;
- Número de refeições;
- Preferências alimentares;
- Intolerâncias alimentares;

Os atributos idade, sexo e atividade física são fundamentais para a prescrição da dieta e estão embutidos no cálculo do Gasto Energético Total (GET). Estes atributos não foram considerados nos protótipos, pois constituem características individuais.

O conhecimento do especialista também ensina em qual dimensão podem ser comparadas duas experiências nutricionais no momento de avaliar a similaridade. Este conhecimento é modelado através de atributos escolhidos contidos no vocabulário de índices

4.3. VOCABULÁRIO DE ÍNDICES

O vocabulário de índices define qual quantidade de descritores deve ser usada para representar os casos. A indexação é o processo de identificação dos descritores de um caso particular que orientarão a avaliação de similaridade definindo a ordem de recuperação (Kolodner, 1993). Os pesos variam de acordo com o grau de importância. Este grau de importância foi elaborado em conjunto com especialistas e engenheiros do conhecimento envolvidos no desenvolvimento do presente sistema. O vocabulário de índices dos casos é composto por atributos definidos pelo especialista. Esses atributos são:

- TMB;
- GET;
- Atividade física;
- Antecedentes médicos;
- Antecedentes familiares;
- Número de refeições por dia;
- Preferências alimentares;
- Intolerâncias alimentares.

A Taxa de Metabolismo Basal (TMB) representa o consumo energético mínimo para um indivíduo em repouso. Para o seu cálculo, considera-se as variáveis idade, sexo e peso ideal. O cálculo é feito por faixas etárias e por sexo. As equações para calcular a TMB a partir do peso corporal ideal são demonstradas no Apêndice.

O GET (Gasto Energético Total) é o atributo mais importante no momento de recuperar o plano alimentar mais similar. O seu cálculo é feito considerando as variáveis idade, sexo e atividade física do indivíduo. Representa o quanto ele deve ingerir diariamente para manter o seu peso de forma saudável de acordo com o tipo de atividade física. Para indivíduos que apresentam peso normal, o cálculo do GET é feito

considerando-se o peso atual. No caso de sobre-peso e obesidade (moderada ou mórbida), toma-se como referência o peso ideal. Enquanto o IMC classifica o caso com relação a massa corporal, o GET calcula as necessidades calóricas individuais segundo sexo, idade e atividade física. No Apêndice, estão descritos os fatores para estimativa do gasto energético, de acordo com os vários níveis de atividade física para homens e mulheres.

A atividade física é fundamental para a prescrição do plano alimentar. Sem este índice é impossível calcular o GET, pois é necessário conhecer quanto o indivíduo gasta para suprir o seu consumo de energia. No Apêndice estão representados os tipos de atividade física considerados pela RDA 10th (1989).

Os atributos preferências alimentares e intolerâncias alimentares dizem respeito a características individuais de cada caso. Para conseguir uma melhor adesão ao plano alimentar proposto é preciso conhecer as preferências do indivíduo, com o que o cardápio se tornará mais amigável e agradável de ser seguido. Todos estes índices podem ser adaptáveis conforme a necessidade. Após a determinação dos índices, passou-se para a determinação da métrica de similaridade.

4.4. AVALIAÇÃO DE SIMILARIDADE

A função necessária para medir a similaridade entre o caso de entrada e os casos candidatos chama-se métrica de similaridade. A métrica de similaridade atribui um valor numérico para similaridade. A medida de similaridade de cada atributo se dá pelo cálculo do valor da função de similaridade multiplicada por seu peso:

Distância * Peso

$S(E,B) * W$

Onde:

S = Função de Similaridade

B = Caso Candidato

E = Caso de Entrada

W = Peso

A similaridade total é sintetizada por uma média ponderada:

$$\left(\frac{\sum \text{Similaridades}}{\sum \text{Pesos}} \right) * 100$$

A medida de similaridade dos protótipos é mais distanciada da medida dos casos, pois os protótipos representam categorias distintas de risco nutricional. Já os casos apresentam valores de similaridade mais próximos por apresentarem características individuais. A avaliação de similaridade ocorre após a identificação das características do problema de entrada. Com isso, os índices do caso de entrada são comparados, um a um, com cada caso candidato da base gerando um similar com cada caso da base. A abordagem utilizada no presente sistema foi solicitar aos especialistas que determinem a ordem de importância dos índices. Os especialistas ordenaram de forma relevante os índices de acordo com o seu conhecimento. Após esta etapa, os índices receberam valores numéricos para representar a força da sua relevância. O processo de atribuição de pesos, portanto, também representa o conhecimento do especialista.

As etapas de atribuição de pesos e a sua calibragem são interativas. Portanto, é possível alterar os pesos antes que o presente sistema se torne definitivo. A consistência dos pesos foi verificada através de testes, para efetuar a calibragem até que se obtivesse medidas de similaridades maiores entre os casos similares. É importante salientar que a avaliação de similaridade foi efetuada nos protótipos e nos casos.

4.5. A REUTILIZAÇÃO

A prescrição do plano alimentar associada ao caso da base pode ser reutilizada para o caso de entrada, desde que a similaridade entre eles seja considerada satisfatória pelos especialistas e que se proceda a adaptação necessária. A perfeita individualização da dieta será feita através da adaptação, com relação à condição clínica, preferências pessoais ou à presença de alergias alimentares. Isto poderá ocorrer durante a fase de maturação do sistema, na qual serão coletados os casos para preencher a base de casos.

A adaptação do caso candidato recuperado será executada através de uma proposta feita pelos especialistas, verificando:

1. os antecedentes médicos;
2. os antecedentes familiares;
3. as alergias alimentares;
4. as preferências alimentares;
5. as intolerâncias alimentares.

A seguir um exemplo ilustra como o sistema executa as tarefas propostas, iniciando com a entrada do usuário no sistema. A partir deste momento o usuário será considerado um caso de entrada.

4.6. EXEMPLO

O sistema, inicialmente, classifica o caso de entrada em um protótipo de risco nutricional. Em seguida, o sistema busca na base de casos do protótipo no qual o caso de entrada foi classificado, um caso candidato, o mais similar possível ao caso de entrada, trazendo uma sugestão de solução para o problema de entrada – o plano alimentar. Um caso de entrada é inserido pelo usuário no sistema informando os seguintes dados:

Cadastro de Casos de Entrada

Dados Pessoais | Anamnese Alimentar | Doenças | Medicações | Dieta

Dados do Paciente

Nome: CASO - Teste

Data de Nascimento: 20/03/52

Sexo

☒ Masculino

☐ Feminino

Antropometria

Cintura: 110 cm

Quadril: 91 cm

Peso Atual: 93 Kg

Altura: 170 cm

Atividade Física

☐ Muito Leve

☒ Leve

☐ Moderada

☐ Intensa

Incluir Excluir Alterar Continuar Cancelar Adaptar Fechar

Figura 4: Tela de entrada no sistema com dados iniciais

Em seguida, o usuário deve preencher as demais telas com informações mais específicas, tais como: antecedentes médicos, antecedentes familiares, hábito intestinal, consistência das fezes, alergias alimentares, preferências alimentares, intolerâncias alimentares e número de refeições/dia, que permitem a individualização da prescrição do plano alimentar.

Com base nesses dados, a primeira etapa é classificar o caso de entrada no protótipo de risco nutricional moderado (Figura 5), pois o cálculo do seu IMC resulta em $32,2\text{kg/m}^2$ e relação cintura/quadril é igual a 1,2 cm. O sistema realiza o cálculo do IMC com base no peso atual e estabelece a relação cintura/quadril (vide seção 2.2.1. Indicadores de riscos para a saúde: o índice de massa corpórea (IMC) e a relação cintura quadril.)

Similaridade	prototipo	Tipo	Sexo
77,81	23	Protótipo 5 - obesidade tipo 2 e diabete	
52,24	19	Protótipo 1 - Eutrófico	
52,24	26	Protótipo 10 - desnutrição leve	
48,00	25	Protótipo 7 - obesidade mórbida	
43,78	20	Protótipo 2 - sobrepeso e diabetes tipo	

Recupera Casos Fechar

Figura 5: Protótipo recuperado

O protótipo recuperado (Figura 5) sugere a utilização de um caso cuja solução é uma prescrição de um plano alimentar para perda de peso, mas ainda é necessário analisar outros dados para a obtenção do plano alimentar individualizado. A recuperação do protótipo mostrou-se adequada, pois classificou o caso de entrada corretamente, com um bom valor de similaridade. Depois de classificar o caso num protótipo, o sistema procede à individualização do plano alimentar da seguinte forma:

1. Calcula a Taxa de Metabolismo Basal (TMB) com base no sexo, idade e peso ideal. O peso ideal é obtido através do IMC, considerando-se o IMC 25, já que o caso é do sexo masculino. Portanto a TMB do exemplo é 1717,1 Calorias;
2. Calcula o Gasto Energético Total (GET) através do produto entre a TMB e a atividade física, que no exemplo, é leve. Aqui já pode-se obter o valor calórico da dieta a ser prescrita, que é: 2747,36 Calorias, levando-se em consideração o peso ideal segundo o IMC 25;
3. Verifica a presença de doenças: o exemplo apresenta hipercolesterolemia e cardiopatia. Portanto, a dieta deve ser baixa em colesterol, diminuindo as gorduras saturadas e priorizando as gorduras poli e monoinsaturadas;

4. Verifica a presença de doenças na família: o caso de entrada apresenta antecedentes familiares de cardiopatia. A presença desta doença na família enfatiza as recomendações citadas no item 3;
5. Analisa o hábito intestinal e a consistência das fezes: o caso de entrada apresenta hábito intestinal irregular, sugerindo a indicação de uma dieta rica em fibras;
6. O caso de entrada não apresenta alergias alimentares;
7. O caso de entrada indica a preferência de carnes bovinas; portanto, o cardápio deve considerar este item;
8. O caso de entrada não aprecia verduras, o cardápio sugerido procura evitá-las, mas deve ser fornecida uma orientação quanto à importância do consumo de vegetais numa dieta equilibrada.

Após a classificação do caso de entrada em um protótipo, um caso candidato de maior similaridade foi recuperado (Figura 6).

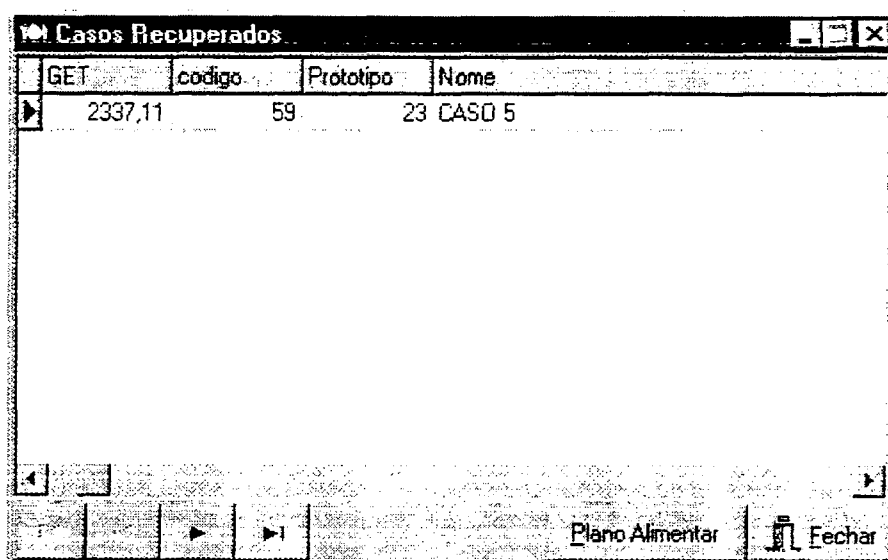


Figura 6: Caso candidato recuperado

O caso recuperado é aquele que o sistema buscou no protótipo de obesidade moderada e julgou ser o mais similar ao caso de entrada. Uma prescrição dietética associada ao caso candidato foi sugerida como solução para o caso de entrada (Figura 7).

The screenshot shows a window titled 'Plano Alimentar' with three tabs: 'Dieta', 'Cardápio', and 'Recomendações'. The 'Dieta' tab is active, displaying a table of dietary recommendations. The table is organized into two columns. The left column lists various nutrients and their recommended values, while the right column lists other nutrients and their recommended values. At the bottom right of the window, there are two buttons: 'Imprimir' (Print) and 'Fechar' (Close).

Dieta	
Valor Calórico Total	Polinsaturados
2100 Calorias	até 10% das calorias totais
Carboidratos	Monossaturados
55%	10 a 15% das calorias totais
Proteínas	Fibras
15%	20g de fibras alimentares/dia
Lipídios	Líquidos
30%	até 2 litros de líquidos/dia
Ácidos Graxos Saturados	Colesterol
até 10% das calorias totais	até 300mg/dia

Imprimir Fechar

Figura 7: sugestão de prescrição dietética

Apesar do sistema efetuar o cálculo do valor calórico da dieta corretamente, verifica-se que o valor calórico da prescrição sugerida pelo sistema não é satisfatória. Isto se deve à necessidade de inserir mais casos no sistema para que ele possa fornecer uma resposta mais satisfatória. Contudo, o sistema procurou atender às outras exigências quanto a uma dieta de controle de colesterol e rica em fibras.

O sistema apresenta uma sugestão de cardápio acompanhada de uma lista de substituições de alimentos segundo equivalentes calóricos (Figura 8). Este cardápio foi elaborado segundo as preferências referidas pelo usuário. Além disso permite a variação coerente de alimentos segundo o grupo a que ele pertence a quanto ao valor calórico. Por exemplo: o feijão pode ser substituído por grão de bico, por este pertencer ao grupo das leguminosas, como o feijão, o alface pode ser substituído por agrião, o leite por iogurte etc. Isto permite maior liberdade ao usuário, possibilitando, também, maior variabilidade de nutrientes.

Refeição	Alimento	Qtd	Grupo
Desjejum	Leite 1 copo	1	8
	Pão 1/2 pão	2	7
	Laranja 1 unidade	1	6
Almoço	Arroz 1 colher sopa	4	3
	Feijão 1 colher sopa	2	4
	Carne de Gado 1 bife pequeno	1	5
	Abóbora 1 pires	1	2
	Alface 1 Prato Cheio	1	1
	Maca 1/2 unidade	1	6
Lanche da Tarde	Leite 1 copo	1	8
	Pão de centeio 1 fatia	2	7
Jantar	Arroz 1 colher sopa	4	3
	Feijão 1 colher sopa	4	4
	Carne de Gado 1 bife pequeno	1	5
	Cenoura 1 unidade	1	2
	Alface 1 Prato Cheio	1	1
	Pêssego 1 unidade	1	6
Ceia	Leite 1 copo	1	8

Figura 8: sugestão de cardápio com 2100 Calorias pobre em colesterol e rica em fibras

As recomendações nutricionais também integram a sugestão da solução para o caso de entrada (figura 9). O conjunto da prescrição dietética, cardápio, lista de substituição de alimentos e recomendações nutricionais constitui o plano alimentar.

Juntamente com o cardápio, é fornecida uma lista de alimentos divididos em grupos de equivalentes calóricos, para efetuar as substituições corretamente (apêndice). Isto propicia ao usuário maior variabilidade de alimentos que compõem a dieta.

O plano alimentar é composto da prescrição e do cardápio e, também, de algumas recomendações para que o usuário possa se alimentar de forma correta e adequada. As recomendações são descritas na tela do sistema e, como o cardápio, podem ser impressas.

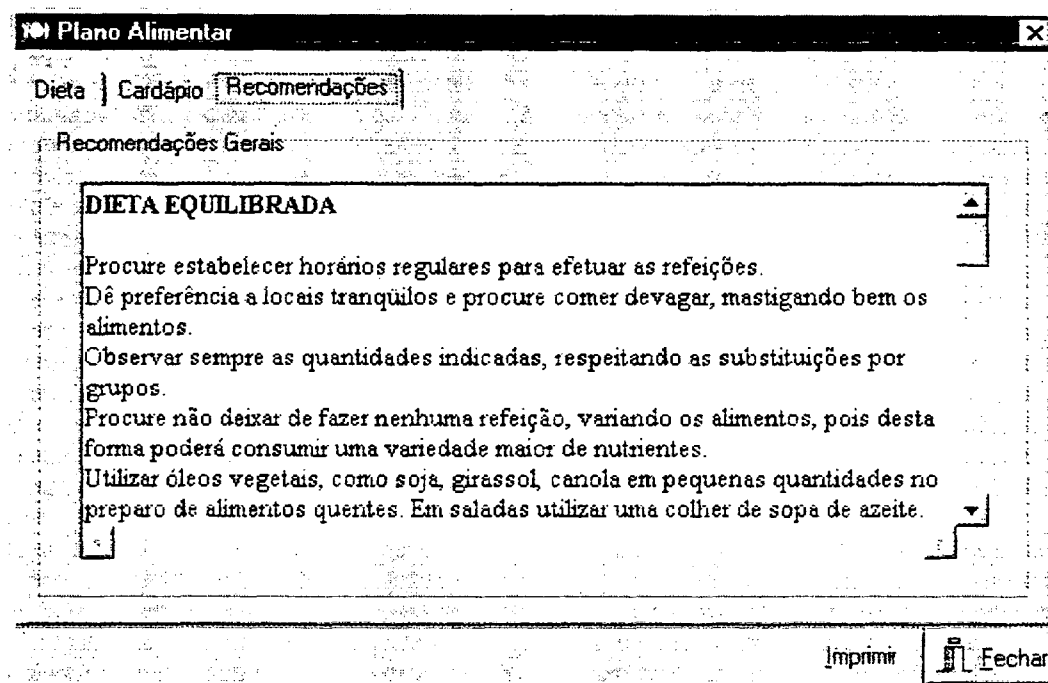


Figura 9: Recomendações nutricionais.

A recuperação do caso mais similar é feita através dos índices dos casos. O Gasto Energético Total (GET) é o índice mais importante na recuperação dos casos. A presença de uma ou mais doenças crônicas degenerativas exerce influência nas recomendações do plano alimentar. No exemplo, há a presença de hipercolesterolemia, as recomendações dietéticas serão, então, baseadas numa dieta pobre em colesterol. O hábito intestinal, frequência de evacuações, alergias e intolerâncias alimentares também são considerados fatores importantes para a elaboração de um plano alimentar. A prescrição dietética é expressa através de um cardápio (com sugestões de refeições e uma lista de substituições de alimentos) que contempla as recomendações nutricionais. Juntamente com o cardápio, também é fornecida uma lista de substituições de alimentos segundo equivalentes calóricos. O plano alimentar é o conjunto formado pela prescrição dietética, pela sugestão de cardápio e pelas recomendações gerais. O plano alimentar é elaborado através da tarefa de projeto. Há uma prescrição dietética e um cardápio básico; a partir dele, são feitas as adaptações necessárias para cada caso. Após a realização dos testes com os protótipos e com os casos, foi feita a validação do instrumento que facilitou a aquisição do conhecimento, agilizou a recuperação e forneceu conhecimento para efetuar a adaptação: a Memória Prototípica.

4.7. CONCLUSÃO

A meta do sistema desenvolvido na presente dissertação é prescrever um plano alimentar individualizado, através do diagnóstico de risco nutricional para doenças crônicas degenerativas que possuam relação com a alimentação. A técnica de IA escolhida foi a de Raciocínio Baseado em Casos, devido a sua reduzida necessidade de conhecimento na etapa de aquisição e à sua facilidade de representação do conhecimento.

Em sistemas de RBC, os casos são uma interpretação das experiências do domínio modeladas para executar a tarefa do sistema. A experiência nutricional é representada pela consulta com um indivíduo que possui um distúrbio nutricional. No sistema em questão, os riscos nutricionais foram classificados em protótipos e os casos representam a conduta nutricional, que é a prescrição dietética.

Com a utilização dos protótipos, procurou-se abranger todas as principais categorias de risco nutricional. Com isso, buscou-se facilitar a aquisição de conhecimento, agilizar a recuperação e adquirir o conhecimento necessário para a adaptação. Os casos representam a consulta nutricional: a solução representa a prescrição de planos alimentares. A individualização da dieta foi conseguida através dos atributos adaptáveis dos casos. Estima-se que sejam necessários cerca de 2000 a 3000 casos para preencher os atributos que conferem individualização ao plano alimentar. A base de casos foi segmentada a fim de classificar os casos dentro das categorias de risco nutricional. Os protótipos apontam para os casos que apontam para as soluções. Essa organização de protótipos, casos e seu mecanismo de acesso denomina-se Memória Prototípica.

A Memória Prototípica foi utilizada com o objetivo de conferir facilidade na aquisição do conhecimento, velocidade na recuperação dos casos e redução da necessidade de adaptação. No próximo capítulo, detalhes sobre a Memória Prototípica são apresentados, bem como as bases para a sua construção.

5. A MEMÓRIA PROTOTÍPICA

Os objetivos da utilização da Memória Prototípica são facilitar a aquisição dos casos, agilizar a recuperação e adquirir o conhecimento para a adaptação. A construção da Memória Prototípica torna-se a meta fundamental para a viabilização de um sistema de IA em Nutrição, conforme o proposto no capítulo anterior. Após a construção, buscou-se a validação para garantir a eficácia de resultados obtidos com o seu emprego.

As dificuldades com a aquisição do conhecimento e com a recuperação dos casos são superadas com o emprego de protótipos. No presente sistema, os protótipos são as classes de riscos nutricionais que apontam para uma categoria de prescrição dietética. Denomina-se Memória Prototípica o conjunto de protótipos e o seu mecanismo de acesso a eles. Esse modelo de memória foi utilizado pela primeira vez por Bareiss e Slator (1991) no sistema PROTOS, que efetua o diagnóstico de distúrbios auditivos (vide seção 3.2.6. A Memória Prototípica). Neste capítulo, são apresentados os passos seguidos para o desenvolvimento do sistema utilizando a Memória Prototípica.

5.1. A CONSTRUÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA

O emprego da Memória Prototípica é recomendado para a tarefa de diagnóstico ou classificação, pois o seu objetivo é classificar todo novo caso de entrada em uma classe representada por um protótipo na memória (Kolodner, 1993). O acesso aos protótipos é feito através da avaliação de similaridade que classifica cada caso de entrada verificando quais os atributos similares a cada caso prototípico. Os índices são atributos que são utilizados como orientação para a avaliação de similaridade. No presente sistema, os índices são os indicadores de risco nutricional, ou seja, são indicadores que

apontam se o indivíduo apresenta risco de adquirir uma doença crônica degenerativa que possua relação com a sua alimentação.

Os índices dos protótipos não são adaptáveis, por isso guiam a recuperação e são responsáveis pela delimitação das diferenças entre as classes de risco nutricional. Contudo, todas as combinações possíveis dos índices levaria a um número excessivamente grande que não atingiria os objetivos de redução de tempo de busca. Além disso, não representariam as classes de risco nutricional associadas às doenças crônicas degenerativas. É importante notar que os índices escolhidos são os atributos que possuem influência na determinação das recomendações da prescrição dietética. Outros sintomas ou características são considerados atributos adaptáveis (discutidas na seção 3.2.1.4. Adaptação). As características adaptáveis são responsáveis pela definição de parâmetros individuais na construção da prescrição da dieta. A definição destes atributos é feita com base em conhecimento especialista.

A Memória Prototípica é construída considerando-se variações nos sintomas, objetivos e outras características relevantes que não podem ser adaptadas, representando as categorias baseadas na aquisição de conhecimento com especialistas. As características relevantes nos protótipos são os indicadores de risco nutricional (IMC, relação cintura/quadril, e antecedentes médicos). Se não houver casos candidatos suficientemente similares ao caso de entrada, então o sistema procederá a adaptação, segundo parâmetros pré-estabelecidos por especialistas. O resultado desta adaptação deverá ser avaliado por especialistas e, se for considerado satisfatório, poderá ser armazenado na base de casos.

5.2. A CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Os objetivos principais da construção de protótipos são facilitar a aquisição do conhecimento, a recuperação dos casos e adquirir o conhecimento necessário para a adaptação, selecionando o conjunto mais apropriado de recomendações para delinear a

prescrição da dieta. Desta forma, buscou-se transpor os obstáculos da aquisição e representação do conhecimento, além de agilizar a busca dentro do sistema.

Os índices dos protótipos, orientam a classificação do caso de entrada em uma categoria de risco nutricional representada em cada protótipo. As principais categorias de risco nutricional são:

- Desnutrição leve;
- Eutrófico: peso compatível com a manutenção da saúde;
- Sobrepeso;
- Obesidade moderada ;
- Obesidade mórbida.

Os índices são responsáveis pela delimitação das diferenças entre os protótipos. Ou seja, foram considerados índices os indicadores de risco nutricional, como o Índice de Massa Corporal, a relação cintura/quadril e a presença de doenças crônicas degenerativas. Os índices escolhidos são os atributos considerados não adaptáveis e possuem influência na determinação das recomendações da prescrição dietética. Por exemplo, um indivíduo que foi classificado em obesidade moderada apontará para um caso cuja a solução seja uma dieta para redução de peso.

Durante a construção dos protótipos, verificou-se que o conceito de adaptabilidade de atributos é muito importante. Os atributos não adaptáveis são os índices, pois classificam o caso de entrada numa categoria de risco nutricional. Após a recuperação do respectivo protótipo, o sistema busca o caso mais similar dentro daquela categoria de risco nutricional para encontrar a solução mais adequada. É recomendável que os procedimentos para o diagnóstico em Nutrição sejam determinados segundo especialidades (vide seção 2.2. O Diagnóstico Nutricional). Por esse motivo, optou-se pelas categorias de risco nutricional para doenças degenerativas para realizar o diagnóstico implícito no sistema proposto. Antes de atingir o número ideal de protótipos foram realizados alguns testes, cujos resultados são discutidos a seguir.

4.2.1. Primeiros testes com os protótipos

Os protótipos representam categorias de risco nutricional para doenças crônicas degenerativas em que a alimentação exerce um papel preponderante. Cada protótipo deve representar uma classe distinta de risco nutricional, em que cada caso possa ser inserido. Por isso é necessária a clara distinção entre os protótipos. Para se chegar a essa conclusão foram realizados alguns testes que consideram muitos atributos.

Inicialmente, foram construídos 11 protótipos combinando os atributos sexo, diagnóstico médico e risco nutricional indicado pelo IMC. Ao testar a recuperação dos protótipos, verificou-se que não havia diferenças significativas quanto à similaridade dos protótipos em que os casos se encaixaram. Por exemplo, do protótipo mais similar para o menos similar, o valor de similaridade foi muito próximo: o primeiro com 100% de similaridade e o segundo com 98%.

Esta proximidade quanto à similaridade levou a dois questionamentos:

- Quais são os fatores mais relevantes para a prescrição dietética?
- As características consideradas nos protótipos são realmente não adaptáveis?

A função do protótipo é facilitar a classificação do caso de entrada numa categoria de risco nutricional que aponta para uma prescrição dietética. Nesta etapa é realizado o diagnóstico nutricional através dos seus indicadores, principalmente os antropométricos.

Com a realização dos testes verificou-se que os atributos sexo, idade e antecedentes médicos podem ser adaptados nos casos, conferindo-lhes maior possibilidade de individualização. A individualização da dieta é feita a partir dos casos contidos nos protótipos através da tarefa de projeto. A presença ou não das doenças foi considerada uma característica adaptável, visto que a prescrição dietética muda de caso para caso, variando as recomendações nutricionais quanto às calorias e macronutrientes, com a inclusão ou restrição de nutrientes (dieta rica em fibras ou pobre em colesterol etc.) conforme o caso. Por exemplo, um caso classificado em sobrepeso com antecedente

médico de hipercolesterolemia poderia ter a mesma prescrição dietética, quanto a calorias, de um caso classificado em obesidade moderada, alterando-se somente alguns nutrientes. Portanto, o que realmente determina a diferenciação dos riscos nutricionais são os indicadores IMC e relação/cintura quadril. Os demais atributos são considerados adaptáveis e podem ser os índices dos casos. Portanto, a classificação dos protótipos foi reduzida para cinco.

O PROTOS foi construído com seis exemplares prototípicos, representando as categorias mais importantes de distúrbios auditivos. O que permitiu a aprendizagem e a adaptação do sistema foi a agregação dos casos novos classificados nos protótipos, sempre com a supervisão inicial de especialistas do domínio.

5.2.2. Os protótipos definitivos

Com base nos resultados dos testes, verificou-se que é possível classificar em cinco categorias de risco nutricional todos os indivíduos considerados no escopo do sistema. Para tanto, utilizou-se indicadores de risco nutricional: o Índice de Massa Corpórea (IMC) e a relação cintura/quadril. Os cinco protótipos criados possuem menos atributos, mas possibilitaram uma classificação mais representativa dos casos. São eles:

- Eutrófico (peso normal): sem risco;
- Desnutrição leve: risco leve;
- Sobrepeso: risco leve;
- Obesidade moderada: risco moderado;
- Obesidade mórbida: risco grave.

O IMC e a relação cintura quadril foram considerados os atributos mais importantes no momento da recuperação do protótipo, pois fornecem um bom panorama do estado nutricional do indivíduo e o classifica em importantes níveis de comprometimento do estado nutricional. Com isso, chegou-se a cinco protótipos, que representam os principais níveis de comprometimento nutricional segundo o IMC e a

relação cintura/quadril. Os protótipos, elaborados a partir das cinco categorias considerada as mais importantes e representativas foram os seguintes:

➤ **Protótipo 1 – eutrófico**

IMC: 18 – 25 kg/m²

Cintura/quadril: 0,4 – 0,8

Diagnóstico médico: nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma

➤ **Protótipo 2 – sobrepeso e diabetes tipo II**

IMC: 25 - 30 kg/m²

Cintura/quadril: 0,8 – 1,0

Diagnóstico médico: diabetes tipo 2 ou nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma ou hipoglicemiante oral

➤ **Protótipo 3 – obesidade moderada e diabetes tipo II**

IMC: 30 - 35 kg/m²

Cintura/quadril: 0,8 – 1,0

Diagnóstico médico: diabetes tipo 2 ou nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma ou hipoglicemiante oral

➤ **Protótipo 4** – obesidade mórbida

IMC: 35 - 40 kg/m²

Cintura/quadril: 0,8 – 1,0

Diagnóstico médico: diabetes tipo 2 ou nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma ou hipoglicemiante oral

➤ **Protótipo 5** – desnutrição leve

IMC: 15 - 18 kg/m²

Cintura/quadril: 0,5 - 0,8

Diagnóstico médico: nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma

Definidos os cinco protótipos, passou-se à fase de aquisição de casos para o preenchimento da seção da memória de acordo com eles. O próximo passo é a validação da memória prototípica.

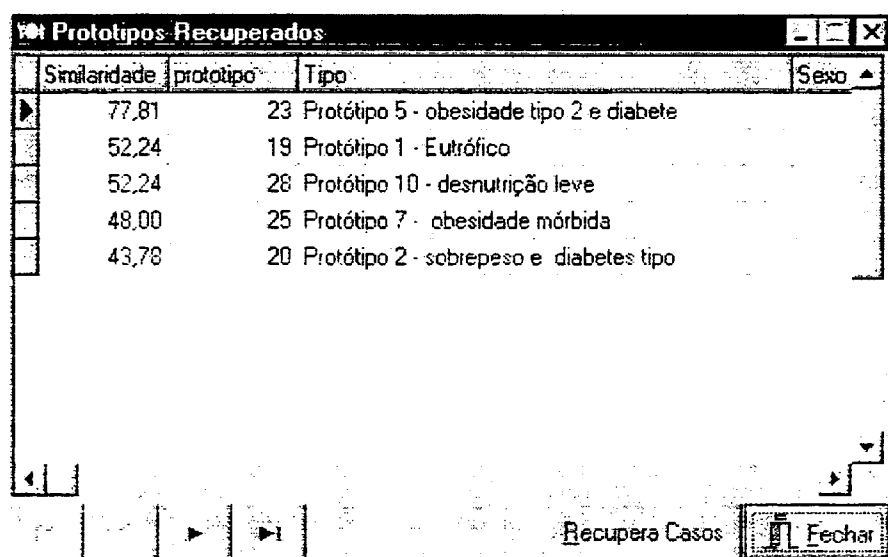
5.3. VALIDAÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA

Os sistemas desenvolvidos em RBC não possuem metodologias próprias para a validação do sistema, tampouco da memória empregada (Watson, 1996). O presente trabalho pretende validar a Memória Prototípica através da sua utilidade e eficiência no diagnóstico. Como foi demonstrado na seção 3.2.7. Validação e Verificação), a verificação avalia o grau de precisão na realização das tarefas propostas e a validação verifica a eficiência com relação as tarefas propostas. Buscou-se, inicialmente, validar a Memória Prototípica por ser esta uma ferramenta que contribuiu para o desenvolvimento do sistema proposto.

A validação foi realizada através de especialistas de Nutrição que opinaram a respeito das recuperações feitas pelo sistema. Os casos de entrada foram classificados corretamente nos protótipos em 100% dos testes, com uma distância satisfatória do protótipo mais similar para os demais. Com relação aos casos recuperados, verificou-se uma precisão, considerada regular, que denotou a necessidade da aquisição de mais casos para tornar a recuperação mais eficiente. Com a aquisição de mais casos, distribuídos homogeneamente entre os protótipos, a necessidade de adaptação tende a ser menor.

A verificação do sistema, sugerida por Watson (1997), contribuiu para a validação da Memória Prototípica, pois se o sistema apresenta um bom desempenho, conseqüentemente a memória é válida. Portanto, durante os testes para a verificação, o sistema mostrou-se:

- **preciso na recuperação:** testou-se os protótipos com 20 casos que fazem parte da base de casos e obteve-se uma média de 85,84 de similaridade com desvio padrão de $\pm 8,6$, como pode-se observar na figura 10. Quanto à precisão no diagnóstico através dos protótipos o sistema obteve um acerto de 98%.



Similaridade	protótipo	Tipo	Sexo
77,81	23	Protótipo 5 - obesidade tipo 2 e diabete	
52,24	19	Protótipo 1 - Eutrófico	
52,24	28	Protótipo 10 - desnutrição leve	
48,00	25	Protótipo 7 - obesidade mórbida	
43,78	20	Protótipo 2 - sobrepeso e diabetes tipo	

Figura 10: Medida de similaridade na recuperação de um protótipo

- **consistente na recuperação:** testou-se a recuperação dos mesmos casos por duas vezes e a precisão na recuperação foi a mesma;
- **eficaz na duplicação de casos:** um caso somente combinou exatamente com ele mesmo, não havendo dois casos idênticos na base de casos;
- **adequado quanto à cobertura dos casos:** buscou-se contemplar nos protótipos as principais categorias de risco nutricional e, através da aquisição de casos, obter uma prescrição de planos alimentares mais individualizada possível;

Quanto a este último requisito, o sistema encontra-se em fase de preenchimento de casos. Como foi apresentado seção 4.2. A representação dos casos), os casos viáveis foram poucos para preencher totalmente o sistema. Segundo especialistas consultados, a base de casos estará suficientemente preenchida quando contemplar todas as variações dos atributos considerados em cada caso. Procura-se atingir este objetivo através da adaptação, realizada com a supervisão de especialistas.

5.4. CONCLUSÃO

Os objetivos da utilização da Memória Prototípica no sistema proposto nesta dissertação foram alcançados:

- Aquisição do conhecimento: a classificação na forma de protótipos das categorias de risco nutricional e a divisão da base de casos de acordo com os protótipos reduziram a necessidade de aquisição do conhecimento para executar a tarefa de diagnóstico.
- Agilização da recuperação dos casos: não é necessário procurar os casos candidatos por toda a base de casos. Basta procurar pelos casos inseridos nos respectivos protótipos.

A determinação de cinco protótipos que representam as principais categorias de risco nutricional é suficiente do ponto de vista nutricional, pois permite classificar todos os indivíduos nas categorias de risco para doenças crônicas degenerativas; sob a ótica da Engenharia do Conhecimento, equacionou o problema da construção de uma grande base de casos.

Quanto à validação da memória, ela foi considerada eficiente por ter conseguido atingir os objetivos propostos e por ter fornecido respostas corretas, segundo a avaliação de especialistas. A utilização da Memória Prototípica possibilitou ao sistema a execução da tarefa de diagnóstico, de forma inteligente, o que é fundamental para a prescrição de planos alimentares.

A individualização dos planos alimentares é feita através da tarefa de projeto e também através de adaptação. Todo o conhecimento para a adaptação será adquirido a partir desta Memória Prototípica. Contudo, antes do presente sistema tornar-se definitivo, ainda deve ser testado por especialistas que indicarão a necessidade de adaptação.

6. CONCLUSÃO

A presente dissertação propõe a criação de um sistema computacional capaz de prescrever planos alimentares através de diagnóstico nutricional para a prevenção e tratamento de doenças crônicas degenerativas, utilizando uma ferramenta de Inteligência Artificial: o Raciocínio Baseado em Casos .

Os sistemas computacionais de RBC utilizam as experiências contidas na memória para responder a questões referentes a novos problemas. No domínio da Nutrição, a experiência é representada pela consulta nutricional. Ao comparar consultas de pacientes com características semelhantes, o sistema de RBC pode diagnosticar riscos nutricionais e prescrever um plano alimentar individualizado para um novo paciente, sem refazer o processo de raciocínio anteriormente empregado. Com o emprego desta técnica é possível recuperar rapidamente uma solução para um problema de projeto sem precisar construir um novo, tomando como base projetos similares. O que torna a técnica de Raciocínio Baseado em Casos diferente de outras técnicas de IA é a sua capacidade de utilizar o conhecimento adquirido em uma experiência para resolver problemas manifestados em outra experiência semelhante. Outro diferencial está em que sistemas de RBC retêm cada nova solução, tornando-a disponível para a resolução de futuros problemas. A facilidade de implementação do RBC e a sua adaptabilidade a um grande número de domínios de conhecimento têm sido demonstradas através de aplicações científicas e comerciais.

A construção de sistemas baseados em conhecimento envolve alguns tópicos, entre eles a aquisição e representação do conhecimento. Muitos autores consideram estes tópicos como os gargalos da IA. Para a resolução destes obstáculos procurou-se uma técnica que permitisse uma fácil aquisição de conhecimento, que fosse ágil na recuperação de soluções e que diminuísse a necessidade de adaptação, outro tópico considerado gargalo no desenvolvimento de sistemas inteligentes. O emprego da memória prototípica colaborou para superar as dificuldades encontradas.

A prescrição de dietas através de diagnóstico nutricional é uma tarefa que pode ser realizada através da classificação dos riscos nutricionais. Os riscos nutricionais são classificados em protótipos que apontam para uma base de casos específica para cada protótipo. As prescrições de planos alimentares estão associadas aos casos. O diagnóstico foi feito através dos protótipos e a prescrição dos planos alimentares foi realizada através da tarefa de projeto.

A utilização desse modelo de memória possibilitou a superação dos gargalos, facilitando a aquisição de conhecimento, agilizando o processo de busca e adquirindo o conhecimento necessário à adaptação. O emprego da Memória Prototípica permite a implementação de uma base de protótipos que compreende as mais importantes categorias de prescrição dietética associadas a um diagnóstico nutricional. Desse modo, faz-se uma primeira busca para verificar em que categoria de prescrição dietética o caso de entrada se classifica. Depois, o caso mais similar contido naquele protótipo é recuperado, apontando a melhor solução para o caso de entrada, através da tarefa de projeto.

O problema da aquisição de conhecimento contornado através do emprego da Memória Prototípica. Os protótipos serviram de base para classificar o paciente em categorias de risco nutricional, restringindo a busca na base de casos dentro da respectiva categoria. Com isso, obteve-se maior agilidade na recuperação de casos pelo sistema e diminuiu-se a necessidade de adaptação no sistema.

Os sistemas baseados em RBC não possuem metodologias próprias para a validação da memória empregada. O presente trabalho efetuou a validação da Memória Prototípica com o auxílio de testes. Quanto à validação da memória, ela foi considerada eficiente por ter conseguido atingir os objetivos propostos e por fornecer respostas corretas, segundo a avaliação de especialistas. A utilização da Memória Prototípica possibilitou ao sistema a execução da tarefa de diagnóstico, de forma inteligente, o que é fundamental para a prescrição de planos alimentares.

6.1. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O sistema de prescrição de planos alimentares desenvolvido na presente dissertação mostrou-se eficaz quanto aos mecanismos de aquisição de conhecimento, recuperação e na tarefa de classificação. O conhecimento necessário para a adaptação e aprendizagem será extraído em conjunto com especialistas em Nutrição.

O sistema apresentou deficiências na tarefa de prescrever o plano alimentar ideal para o exemplo citado. Isto se deve ao número insuficiente de casos. Contudo, é preciso encontrar um número adequado de casos que não torne a recuperação lenta e que apresente o conhecimento necessário para que o sistema realize a adaptação automaticamente. Para atingir este objetivo, estima-se que cada protótipo seja preenchido com um número de casos significativo, que englobe as possíveis variações dos atributos dos casos. Os requisitos de conhecimento para a adaptação devem ser suficientes para viabilizar a sua representação. A exemplo do CAMPER, o sistema híbrido desenvolvido em RBC e Sistema Baseado em Regras (3.2.9.3. O CAMP), possa utilizar-se de regras para incrementar a adaptação. O número de casos deve ser testado ao longo do tempo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN HEART ASSOCIATION. **AHA low-fat, low-cholesterol cookbook: heart-healthy, easy-to-make recipes that taste great.** Random House, Canadá, 1997.
- ASSIS, Maria Alice A.. **Consulta de nutrição, controle e prevenção do colesterol elevado** Ed. Insular, Florianópolis, Brasil, 1997.
- BALINTIFY, J. L., Menu planning by computer, **Communications of the ACM**, vol. 7, nº4, p 255-259, April, 1964.
- BAREISS, E.R. & SLATOR, B.M.. From PROTOS to ORCA: Reflections on a Unified Approach to Knowledge Representation, Categorization, and Learning. Northwestern University, Institute for The Learning Sciences, **Technical Report** no. 20, 1991
- BARRETO, Jorge Muniz **Inteligência Artificial.** No limiar do século XXI, Duplic, Florianópolis, 1997.
- BASSHAM, S.; FLETCHER, L. R.. Microcomputers and clinical dietetics. In: **Progress in human nutrition**, frontiers of gastrointestinal research , Ed. Basel, Karger, 1988.
- BAXTER, Yara C., BORGHI, Roseli, MACULEVICIUS, Janete. Diagnóstico nutricional: criação, implantação e Perspectivas. **II Curso de Recentes Avanços em Unidade de Nutrição Hospitalar**, Hospital das Clínicas FMUSP, Divisão de Nutrição e Dietética, São Paulo, 1993.
- BENCH - CAPON, T, J. M.. **Introduction to knowledge representation, in: Knowledge representation na approach to artificial intelligence.** Academic press, The A. P. I. C. Series, nº32, 1990.
- BIESEMEIER, Chris; CHIMA, Cinda S. Computerized patient record: are we prepared for our future practice? **JADA**, 97 (10) 1099-1104, 1997.

- BLUMBERG, J. B.. Public health implications of preventive nutrition. In: **Preventive nutrition: the comprehensive guide for health professionals**. Humana Press Inc., Totowa, EUA, 1997.
- BRACHMAN, R. On the epistemological status of semantic networks. In: **Associative Networks, Representation and Use of Knowledge by Computer**. Academic Press, 1979.
- BUCHANAN, Bruce; SHORTLIFFE Edward H.. **Rule-based expert system**. Addison-Wesley publishing company, 1985.
- BUZZARD, Marilyn et al. Considerations for selecting nutrient-calculation software: evaluation of the nutrient database. **American Journal of Clinical Nutrition**, USA, n. 54, p. 7-9, 1991.
- CAMARGO, Katia Gavranich, THÉ, Maria Alice Lagos, WEBER, Rosina, MARTINS, Alejandro, BARCIA, Ricardo M.. Design nutritional programs with case-based reasoning . Medical applications. **6th Germany Workshop on Case-Based Reasoning**, Berlin, March, 1998.
- CUNHA, Fernanda. Sistemas Especialistas. [online] Disponível na Internet via <http://www.eps.ufsc.br/disserta/cunha/>. Arquivo capturado em 15 de maio de 1998.
- CYRE, Walling. Capture, Integration and Analysis of Digital Requirements with Conceptual Graphs. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, 9, 1, 1997.
- DEAN, T., ALLEN, J., ALOIMONOS, Y.. **Artificial Intelligence Theory and Practice**. Addison-Wesley Publishing Company, Menlo-Park, (1995).
- DELEEuw, E. R., WINDHAM, C., T., LAURITZEN, G., C. and WYSE, B. W.. Developing menus to meet current Dietary Recommendations: implications e applications, **Journal of Nutrition Education**, vol. 24 (3), p:136-143, May/June, 1992.
- DESPRES, J. P.. Abdominal obesity as an important component of insulin-resistance syndrome. **Nutrition**, 9: 452-459, 1993.

- DOLLAHITE, J., FRANKLIN, D. and MCNEW, R.. Problems encountered in meeting the Recommended Dietary Allowances for menus designed according to the Dietary Guidelines for Americans. **Journal of American Dietetic Association**, Vol. 95 (3), p:341-347, March 1995
- DURKIN, J.. **Expert systems design and development**. Prentice Hall, USA, 1994.
- ECKSTEIN, Eleanor Foley. Menu planning by computer: the random approach. **Journal of American Dietetic Association**, 51, 529-533, 1967.
- ELAZARI, Y., BAR-CHI, D. and SINUANY-STERN, Z.. Menu planning via computer simulation. **Computers, Environment and Urban Systems**, vol.10, (2), p: 81-87, 1985.
- FESKANICH, Diane, M. S.. Comparison of a computerized and manual method of food coding for intake studies, **Journal of American Dietetic Association**, USA, n. 10, vol 88, p. 1263-1267, outubro 1988.
- FERREIRA, Aurélio B. de H.. **Novo Dicionário Aurélio**, Ed. Nova Fronteira, 1975.
- FRANK, Gail C. Dr. P.H., R.D..et al. Guidelines for selecting a dietary analysis system **Journal of American Dietetic Association**, USA, n. 1, vol 86, p. 72-75, janeiro 1986.
- GALOTRA, V., RAMACHADRAN S., SINGH, H. and BAJAJ, K., K.. Nutrition diet programme - an expert system, Artificial Intelligence Division National Informatics Centre, New Delhi, Índia, artigo não publicado, 1991.
- GANESHAN, K. and FARMER, J.. Menu planning system for a large catering corporation. **Proceedings of the Third International Conference on the Practical Application of Prolog**, Paris, França, 1995.
- GARCIA, ROSA W. D.. Um enfoque simbólico do comer e da comida nas doenças. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Nutrição**, Blumenau, SC, 1989.
- GARNER, B. J., Larkin, C., Tsui, E.. Prototypical knowledge for case-base reasoning, **Proceedings: Case-Based Reasoning Workshop**, DARPA, maio de 1989.

- GEVARTER, W., B.. **Artificial Intelligence, Expert Systems, Computer Vision and Natural Language Processing**, New Jersey, Noyes Publications, 1984.
- GOODRICK, K. G., FOREYT, J. P.. Why treatments for obesity don't last. **JADA**, 91: 1243-1247, 1991.
- GOEL, Ashok K. and CHANDRASEKARAN, B.. A task structure for Case-Based Design **IEEE**, 587-592, 1990.
- GUPTA, Uma. **Validating and Verifying knowledge-based systems**. IEEE Computer Society Press, 2^o ed, 1992.
- HAMMOND, Kristian J.. CHEF: A model of case-based planning. **Proceedings of AAAI-86**. Cambridge, MA: AAAI Press/MIT Press, 1986.
- HEINISCH, R. H., WEBER, R., MARTINS, A., BARCIA, R. M.. Representing medical decision making strategies in a CBR system. **6th German Workshop on Case-Based Reasoning**, Alemanha, 1998.
- HINRICH, T. & KOLODNER, J.. The roles of adaptation in case-based design. **Proceedings of AAAI-91**, Cambridge, MA: AAAI Press/MIT Press, 1991,
- HOP GOOD, Adrian A.. **Knowledge-based systems for engineers and scientists**. CRC Press, 1993.
- HORN, W.; POPOW, C.; MIKSCH, S.; SEYFANG, A.. Quicker, more accurate nutrition plans for newborn infants. **IEEE Intelligent Systems**, January/February, 1998.
- KINDER, F.. **Meal management**, Macmillan, New York, 1956.
- KOLODNER, Janet. **Case-based reasoning**. Ed. Morgan Kaufmann, 1993.
- KRAUSE, Kathleen L. and MAHAN, Arlin T.. **Alimentos, Nutrição e dietoterapia**. 8^a edição, Ed. Afiliada, 1995.
- LEAKE, David. CBR in context: the present and future. In: **Case-Based Reasoning Experience, Lessons & Future Directions**. Cambridge, AAAI Press, MIT Press, 1996.

_____. A tutorial introduction to case-based reasoning.

LEE, Robert D. et al. Comparison of eight microcomputer dietary analysis programs with the USDA NUTRIENT DATA BASE for standard reference. **Journal of American Dietetic Association**, USA, n. 8, vol 95, p. 858-867, agosto 1995.

LENZ, Mario, BURKHARD, Hans-Dieter and Pirk, Petra, et al, CBR for diagnosis and decision support. **AI Communications**, 9, 138-146, 1996.

LUGER, G. e STUBBLEFIELD, W.. **Artificial Intelligence: structures and strategies for complex problem solving**. The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, California, 1993.

FU, Limin. Knowledge Acquisition. In: **Neural networks in computer intelligence**. McGraw Hill, 1994.

LOTTENBERG, Ana M. P.. Quarteto Mortal. **Nutrição em Pauta**, anoIII (11), março/abril de 1995.

MAHER, Mary Lou and Garza, Andrés, G., S.. Case-based reasoning in design, **IEEE**, 34: 41, 1997.

MARLING, Cindy. The Case-based menu planner (CAMP). Available online, <http://toros.ces.cwru.edu/~marling/camp.html>, [September, 1997].

_____. **Integrating case-based and rule-based reasoning in knowledge-based systems development**, tese de doutorado, EUA, agosto 1996.

MCARDLE, William O, Katch, Frank I.. Energia, nutrição e desempenho humano. In: **Fisiologia do Exercício**, p. 3, Ed Afiliada, 1992.

MEISLER, J. G., St Jeor, S. T., Casey, V., Shapiro, A., Wynder, E. L., Proceedings of the roundtable on healthy weight. American Health Foundation. **Am. J. Clin. Nutr.**, (63) supl 3, p:409S-477S, 1996.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA EXECUTIVA, DATASUS. **Tabela de Mortalidade CID10, óbitos por ocorrência por causa, faixa etária acima de 60**

- anos, ambos os sexos, período 1996.**[online] Disponível na Internet através de <http://www.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/dybr.def>. 24 de Janeiro de 1998.
- MINSKY, M.. A framework for representation knowledge. In: Winston, P. (ed.) **The Psychology of computer vision**. McGraw-Hill, 1975.
- MOURADIAN, W.. Knowledge Acquisition in a Medical Domain, **AI Expert**, p. 35-38, July, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended Dietary Allowances**. 10th ed. (pp. 26-29) Washington, DC: National Academic Press, 1989.
- NONAS, Cathy, A.. A model for chronic care of obesity through dietary treatment. **JADA**, 98 (10) (suppl. 2): S16-S22, October, 1998.
- OLSON, J. E. and REUTER, H. H.. Extracting expertise from experts: methods for knowledge acquisition. **Expert Systems**, vol. 4, nº 84, p. 231-259, 1997.
- OXMAN, R.; VOSS, A.. CBR in design, **AI Communications** 9, 117-127, 1996.
- PADILLA, Geraldine V, PhD.. O papel da nutrição na qualidade de vida. **Atualidades dietéticas**, Abbot, Ano I, (2), Agosto de 1994.
- PENNINGTON, J. A. T.. Methods for obtaining food consumption information. In: **Monitoring Dietary Intakes**, Springer-Verlag, 1991.
- PI-SUNYER, F.. Health implications of obesity. **Am J Clin Nutr.**, (53), p:1595S-1603S, 1991.
- PLAZA, E., AAMODT, A.. Case-Based Reasoning: Foundational Issues. Methodological Variations, and System Approaches. **AI Communications**, 7(1), 39-59, 1994.
- POULIOT, M.C., et al. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple antropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in man and woman. **Am. J. Cardiol**, v. 73, p.460-468, Mar. 1994.

- _____. Visceral obesity in men: associations with glucose tolerance, plasma insulin, and lipoprotein levels. **Diabetes**, 41: 826-834, 1992.
- QUEIROZ, MARIA JOSÉ de. **A comida e a cozinha. Iniciação à arte de comer**. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1988.
- QUILLIAN, M. R.. Semantic Memory. In: **Semantic information processing**, M. L. Minsky (ed.), MIT Press, Cambridge, Mass., 1968.
- RABUSKE, Renato Antônio. **Inteligência Artificial**. 1.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1995.
- RAIDL, Martha et al. Computer-assisted instruction improves clinical reasoning skills of dietetics students, **JADA**, 95 (8), 868: 873, 1995.
- RAZOWSKI, S. J., MORENO, M.. Effect of westernization of nutritional habits on obesity in Latin America, in: **Preventive Nutrition: The Comprehensive Guide for Health Professionals**, Human Press Inc., Eua, 1997.
- REIS, Nezir Trindade. Ações em nutrição clínica. **Anais Congresso Brasileiro De Nutrição**, Blumenau, (SC)1991
- RICH, Elaine. **Inteligência Artificial**. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1993.
- RIESBECK, C. K. e SCHANK, R. C.. **Inside Case-Based Reasoning**. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, New Jersey, 1989.
- RIPPE, James; CROSSLEY, Suellen; RINGER, Rhonda. Obesity as chronic disease: modern medical and lifestyle management, **JADA**, 98 (10) (suppl 2): S9-S15, October, 1998.
- ROGERS, E.. AI and the changing face of health care. **IEEE Intelligent Systems**, January/February, 1998.
- RÓNAI, Paulo. **Dicionário Universal Nova Fronteira de Citações**, Ed. Nova Fronteira, 1985.
- SCHANK, Roger. **Dynamic Memory : A theory of learning in computers and people**. New York: Cambridge Univ. Press, 1982.

- _____, KASS, A. e RIESBECK, C.. **Inside case-based explanation**. Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, N. J., 1994.
- _____, ABELSON, R.. **Scripts, plans, goals and understanding**. Northvale, Ed Erlbaum, 1977.
- SCHNEIDER, M; KANDEL, A; LANGHOLZ, G; et. al. **Fuzzy Expert System Tools**, England, John Wiley & Sons Ltda, 1996.
- SCHMIDT, Rainer, GIERL Lotar, The roles of prototypes in medical case-based reasoning systems, 3th Germany Workshop, 1995.
- SERVIÇO DE ATENDIMENTO AMBULATORIAL DA DIVISÃO DE NUTRIÇÃO E DIETÉTICA DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - PFIZER. **Dieta e orientação.**
- SIMOUDIS, E.. Special Issue on Case-Based Reasoning. **International Journal of Expert Systems**, 4 (2), 1991.
- SOWA, J. F.. Conceptual Structure: Information Processing. In: **Mind and Machine**. Addison-Wesley, Reading, 1984.
- SPEARS, M. C.. **Foodservice oraganizations: a managerial and systems approach**. 3rd ed., Macmillan, New York, 1995.
- SPIEGELMAN, D.et al. Absolute fat mass, percent body fat and body fat distribution: wich is the real determinant of blood pressure and serum glucose? **Am J Clin Nutr**, 55: 1033-1044, 1992.
- ST JEOR, S. T.. New trends in weight managment. **J Am Diet Assoc.** vol 10, (97), p:1096-1098, 1997.
- STARE, F., WHELAN, E.. **Fad-free nutrition**. Publishers Press, Canadá, 1998.
- TURBAN, E.. **Decision support and Exper Systems**. Management support systems. 4^a ed. Ed. Prentice Hall International, 1995.

- UMEDA, Yasushi and Tomiyama, Tetsuo, Functional reasoning in design, **IEEE Expert**, march-april, 42-56, 1997.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, PHILIPPI, S. T., LATERZA, A. R., CRUZ, A. R., FISBERG, R. M.. **Pirâmide alimentar adaptada**, (folheto), São Paulo, 1997.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Pós graduação em engenharia de produção, Raciocínio baseado em casos, por Rosina Weber (apostila), agosto de 1997.
- U. S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, Ideas for better eating: manus and recipes to make use of Dietary Guidelines, Science and education Admnistration, human Nutrition, U. S. Government Printing Office, Washington, DC, 1981.
- U. S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, Human Nutrition Information Sewrvice, The Food Guide Pyramid, Home and Garden Bulletin Number 252, U. S. Government Printing Office, washington, DC, 1981.
- U. S. DEPARTAMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Phisical activity and health. A report of Surgeon General, Atlanta, 1996.
- WANNAMETHE, S. G., Healthy lifestyles encourages healthy old age. **Arch. Intern. Med.**, vol 158, p. 2433-2440, December, 1998.
- WATERMAN, D. A.. **A guide to expert systems**. Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- WATSON, Ian. **Applying case-based reasoning, techniques for enterprise systems**. Morgan Kaufmann, California, 1997.
- WEBER, R.. **Intelligent jurisprudence research**. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 1998.
- WENCK, D. A., Baren, M. and Dewan, S. P.. **Nutrition: the callenge of being well nourished**, 2nd ed., Reston Publishing, Reston, VA, 1983

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases. Report of a WHO Study Group. **WHO Technical report, Series num. 797.** Geneva: World Health Organization., 1990.

_____. Prevention and management of global epidemic of obesity. **Report of the WHO Consulting on Obesity.** Geneva: World Health Organization, 1997.

YANG, N.. **An expert system on menu planning,** M.S. thesis, Department of computer engineering and science, Case Western Reserve University, Cleveland, OH, 1989.

APÊNDICE

Tabela 5: Equações para calcular a TMB a partir do peso corporal ideal

Intervalo de idade (anos)	Cal/dia
Homens	
10-18	$17,5P + 651$
18-30	$15,3P + 679$
30-60	$11,6P + 879$
+60	$13,5P + 487$
Mulheres	
10-18	$12,2P + 746$
18-30	$14,7P + 496$
30-60	$8,7P + 829$
+60	$10,5P + 596$

Fonte: National Research Council. **Recommended Dietary Allowances**, 10th ed. (pp. 26-29).
Washington, DC. National Academy Press, 1989.

Tabela 6: Fatores para estimativa do gasto energético de acordo com varios níveis de atividade física para homens e mulheres (entre 19 e 50 anos)

Nível de atividade	Fator atividade x TMB
<i>Muito leve</i>	
Homens	1,3
Mulheres	1,3
<i>Leve</i>	
Homem	1,6
Mulheres	1,5
<i>Moderado</i>	
Homem	1,7
Mulher	1,9
<i>Intensa</i>	
Homem	2,1
Mulher	1,9

Fonte: National Research Council, 1989. **Recommended Dietary Allowances**, 10th ed. (pp. 26-29) Washington, DC: National Academic Press.

Classificação dos níveis de gasto energético

Repouso:

dormindo, reclinado

Muito leve:

Sentado e em pé, pintando cerca, dirigindo, trabalho em laboratório, datilografia, trabalho de escritório, costurando, passando roupa, cozinhando, jogando cartas, tocando um instrumento musical

Leve:

Andando em superfície plana, trabalho em mecânica, serviços elétricos, carpintaria, restaurantes, limpeza de casa, cuidados com crianças, golfe, velejar, tênis de mesa.

Moderado:

Correr, limpar o jardim, carpir, carregar peso, andar de bicicleta, esquiar, jogar tênis, dançar.

Intenso:

Andar em um ladeira, cortar árvores, cavar com uma pá, jogar basquete, alpinismo, jogar futebol.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PPGE/UFSC**

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
APLICADA À NUTRIÇÃO
NA PRESCRIÇÃO DE PLANOS ALIMENTARES**

**Dissertação de mestrado submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do grau de mestre em Engenharia**

KATIA GAVRANICH CAMARGO

Orientadora: Prof^ª. Rosina Weber Lee, Dra.

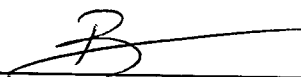
Florianópolis, 19 de fevereiro de 1999.



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À NUTRIÇÃO NA PRESCRIÇÃO DE PLANOS ALIMENTARES

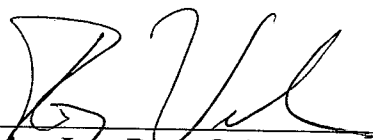
Katia Gavranich Camargo

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de “Mestre em Engenharia”, especialidade Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

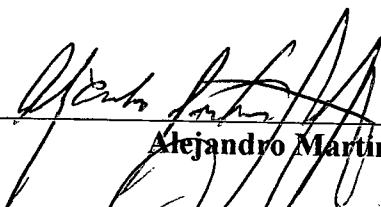


Professor Ricardo Miranda Barcia, Ph.D
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

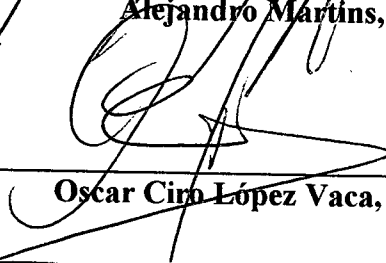
Banca Examinadora:



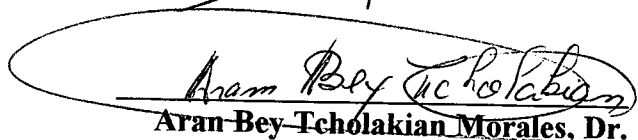
Rosina Weber Lee, Dra., Orientadora



Alejandro Martins, Dr.



Oscar Cirio López Vaca, Dr.



Aran Bey Tcholakian Morales, Dr.

*“ O caminho da sabedoria é longo através de
preceitos, breve e eficaz através de exemplos”*

SÊNECA (55? a.C. – 39? d.C.), Epístolas

Dedico esta dissertação aos meus heróis,
Greg e Gabriel.
Sem eles, seria difícil o caminho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Ricardo Miranda Barcia, PhD, por incentivar a diversidade no mundo Acadêmico e por ter acreditado em mim.

À Professora Dra. Rosina Weber, por sua orientação sempre presente, criteriosa e delicada.

Ao Professor Dr. Alejandro Martins, pelo apoio constante.

Aos Professores do PPGEF, por terem facilitado o meu acesso a obras de referência.

À querida e incansável Rita, pelo carinho e atenção.

À Elisângela, pelas respostas certas nas horas certas.

À secretaria do PPGEF, pelo apoio.

Ao CNPq, pelo investimento em minha produção científica.

Ao amigo João Flávio, que trabalhou junto a mim no desenvolvimento do sistema.

À Maria Alice, minha companheira neste trabalho, que mesmo à distância contribuiu para a realização desta dissertação.

À minha querida Alice Shimada Bacic pela força e inestimável contribuição na elaboração da apresentação pública.

Ao querido Glauco, que, mesmo sem perceber, contribuiu muito para com a realização deste trabalho.

À minha mãe querida, pelo amor, dedicação, lição de vida e muito mais.

À minha madrinha Sônia, parceira de minha mãe no mais carinhoso “acompanhamento à distância” que uma dissertação de mestrado poderia receber.

Ao Fábio, que escolheu ser um irmão muito especial nesta encarnação.

À querida Stela, incansável e prestativa, que me liberou dos afazeres de casa para que eu pudesse realizar este trabalho.

Às minhas amigas e colegas da Divisão de Nutrição e Dietética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, por termos crescido juntas na profissão e na vida, em especial, à Dra. Janete Maculevicius, pelo incentivo à pesquisa.

A todos os amigos que torceram por mim e me apoiaram, muito obrigada!

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTRIBUIÇÃO	3
1.2. MOTIVAÇÃO.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.4. ORGANIZAÇÃO	4
2. O DOMÍNIO DA NUTRIÇÃO	6
2.1. AS DOENÇAS CRÔNICAS DEGENERATIVAS.....	6
2.1.1. Doenças cardiovasculares.....	9
2.1.2. Câncer.....	10
2.1.3. Diabetes mellitus tipo 2.....	10
2.1.4. Obesidade.....	11
2.2. O DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL	12
2.2.1. Indicadores de riscos para a saúde: o índice de massa corpórea (IMC) e a relação cintura quadril.....	16
2.3. A PRESCRIÇÃO DIETÉTICA	19
2.4. O PLANO ALIMENTAR	21
2.5 AS DIFICULDADES NA ELABORAÇÃO DE CARDÁPIOS.....	23
2.6. CONCLUSÃO	24
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
3.1. A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	26
3.1.1. Evolução histórica.....	27
3.1.2. Engenharia do Conhecimento	28
3.1.3. Aquisição do Conhecimento.....	29
3.1.3.1. Entrevistas não estruturadas.....	30
3.1.3.2. Entrevistas estruturadas	30
3.1.3.3. Estudo de caso	31
3.1.3.4. Estudo de caso retrospectivo.....	31
3.1.3.5. Estudo de caso observacional familiar	32
3.1.3.6. Estudo de caso observacional não familiar	32
3.1.4. Representação do conhecimento	34
3.1.4.1. Scripts	35
3.1.4.2. MOPs	35
3.1.4.3. Frames.....	36
3.1.4.4. Redes Semânticas.....	36
3.1.4.5. Conceitos, Objetos e Fatos.....	37
3.1.4.6. Regras	37
3.1.4.8. Grafos Conceituais.....	37

3.1.4.9. Representações Formulário	38
3.1.5. <i>Formas de Representação do Raciocínio</i>	38
3.1.5.1 Raciocínio Não-Monotônico	38
3.1.5.2. Raciocínio Dedutivo.....	39
3.1.5.4. Raciocínio Indutivo	39
3.1.5.4. Raciocínio Abduativo.....	39
3.1.5.6. Raciocínio Analógico	39
3.1.5.7. Raciocínio de Senso Comum	40
3.1.6. <i>Sistemas Especialistas</i>	40
3.1.9. <i>O uso de técnicas computacionais no planejamento de dietas e cardápios: um breve histórico</i>	43
3.1.9. <i>Conclusão de IA</i>	45
3.2. O RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS	46
3.2.1. <i>O desenvolvimento de Sistemas de RBC</i>	48
3.2.1.1. Recuperação.....	48
3.2.1.2. Avaliação de Similaridade.....	49
3.2.1.3. Indexação.....	50
3.2.1.4. Adaptação.....	51
3.2.1.5. Retenção.....	53
3.2.2. <i>Conhecimento Especialista em RBC</i>	54
3.2.3. <i>Casos e base de casos</i>	55
3.2.5. <i>Construção da Memória</i>	56
3.2.6. <i>A Memória Prototípica</i>	57
3.2.7. <i>Validação e Verificação</i>	60
3.2.8. <i>Vantagens Do RBC</i>	61
3.2.9. <i>Sistemas de planejamento de cardápios baseados no modelo de Raciocínio Baseado em Casos</i>	62
3.2.9.1 O CHEF	63
3.2.9.2. O JULIA	64
3.2.9.3. O CAMP	65
3.2.10. <i>Diagnóstico e projeto em RBC</i>	67
3.2.10.1. Diagnóstico	67
3.2.10.2. Projeto	68
3.2.10. <i>CONCLUSÃO - RBC</i>	70
4. APLICAÇÃO	72
4.1. ARQUITETURA DO SISTEMA	72
4.2. A REPRESENTAÇÃO DOS CASOS	75

4.3. VOCABULÁRIO DE ÍNDICES	77
4.4. AVALIAÇÃO DE SIMILARIDADE	78
4.5. A REUTILIZAÇÃO	80
4.6. EXEMPLO	80
4.7. CONCLUSÃO	87
5. A MEMÓRIA PROTOTÍPICA	88
5.1. A CONSTRUÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA	88
5.2. A CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS	89
4.2.1. <i>Primeiros testes com os protótipos</i>	91
5.2.2. <i>Os protótipos definitivos</i>	92
5.3. VALIDAÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA	95
5.4. CONCLUSÃO	96
6. CONCLUSÃO	98
6.1. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
APÊNDICE	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais causas de mortes e suas porcentagens nos EUA.....	7
Tabela 2: Métodos de avaliação do consumo alimentar.....	15
Tabela 3: Os tipos de Sistemas Especialistas segundo a tarefa e a aplicação.....	38
Tabela 4: Sistemas de projeto desenvolvidos em RBC.....	69
Tabela 5: Equações para calcular a TMB a partir do peso corporal ideal.....	Apêndice
Tabela 6: Tabela 6: Fatores para estimativa do gasto energético de acordo com vários níveis de atividade física para homens e mulheres (entre 19 e 50 anos).....	Apêndice

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Prevalência de obesidade na América Latina ($IMC > 25 \text{ kg/m}^2$).....	12
Figura 2: O ciclo de RBC.....	47
Figura 3: Arquitetura do sistema.....	73
Figura 4: Tela de entrada no sistema com os dados pessoais.....	81
Figura 5: Protótipo recuperado.....	82
Figura 6: Caso candidato recuperado.....	83
Figura 7: Sugestão de prescrição dietética.....	84
Figura 8: Sugestão de cardápio com 2300 Calorias, pobre em colesterol e rica em fibras.....	85
Figura 9: Recomendações nutricionais.....	86
Figura 10: Medida de similaridade na recuperação de um protótipo.....	96

RESUMO

A experiência, em Nutrição, pode ser expressa através de uma consulta nutricional com indivíduo que apresenta algum fator de risco à saúde associado à alimentação. O diagnóstico de risco nutricional é determinado de acordo com alguns sintomas e o seu tratamento consiste de um programa nutricional em conformidade com as necessidades, preferências e adequação nutricional do indivíduo. Esta dissertação propõe um sistema que auxilia o especialista em Nutrição na prescrição de planos alimentares utilizando uma metodologia de Inteligência Artificial (IA), o Raciocínio Baseado em Casos (RBC). A utilização da memória prototípica permite a implementação de uma base de casos que compreende as principais categorias de risco nutricional para doenças crônicas e degenerativas e as suas respectivas prescrições dietéticas. As fases para o desenvolvimento do sistema proposto são: construção da memória prototípica, desenvolvimento de protótipos, aquisição de casos, extração de conhecimento para adaptação e validação da memória prototípica. Para a construção dos protótipos é necessário o conhecimento do especialista que são beneficiados pela facilidade de representação do conhecimento, uma das principais vantagens dos sistemas de RBC. A memória prototípica foi validada alcançando resultados satisfatórios. Isto demonstra a sua aplicabilidade para a resolução do problema proposto: diagnóstico e prescrição. Futuramente, o sistema será programado para efetuar a adaptação, integrando casos novos conforme a avaliação do especialista em Nutrição. Pretende-se que na versão final o sistema execute a adaptação de forma automática. A implementação de um método eficiente de adaptação permite uma aprendizagem consistente, contribuindo para a robustez do sistema.

ABSTRACT

The nutritional experience can be expressed as an individual who has a nutritional disorder that is classified according to some symptoms and who deserves a special nutritional program in conformity with the needs, goals and adequacy. This paper describes a system aimed at prescribing nutritional programs to chronic diseases using a Case-Based Reasoning (CBR) system. The use of a prototypical memory enables the implementation of a case base that comprises every important category of nutritional risks and their dietetic prescription. The overall project consists of several phases, aiming at different purposes, namely: building prototypical memory, prototyping, acquiring cases, adaptation knowledge elicitation, programming the final version. Although our prototype requires expert knowledge to be acquired, one always benefits from the ease representation provided by CBR systems. Satisfactory results of the prototypical memory's validation have demonstrated its applicability to reach to proposed goals: diagnosis and prescription. The future development is acquired adaptation knowledge to be performed automatically also enabling an automatic integration to the new cases (learning) after an evaluation confirmed by an expert's feedback. The final version of the system integrates the automatic adaptation phase. Besides, since an efficient adaptation method can be implemented, with knowledge acquired from adaptation experiences, learning gains consistency contributing to the increasing robustness of the system.

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação propõe a criação de um sistema computacional capaz de prescrever planos alimentares a partir do diagnóstico nutricional para a prevenção e tratamento de doenças crônicas degenerativas, utilizando uma ferramenta de Inteligência Artificial (IA), o Raciocínio Baseado em Casos (RBC).

A elaboração de dietas é a principal tarefa desenvolvida pelos profissionais de Nutrição. Ela é precedida pela realização do diagnóstico nutricional. O diagnóstico nutricional é obtido através da coleta e análise de informações antropométricas, bioquímicas, clínicas, dietéticas e psicossociais pertinentes ao estado nutricional do cliente (Krause, 1995). Ele orienta as atividades de intervenção, incluindo a prescrição dietética e a orientação nutricional (Reis, 1991). A hipótese diagnóstica deve ser confirmada ou rejeitada a partir da observação evolutiva do paciente e do seu comportamento perante a conduta dietoterápica.

A conduta dietoterápica traduz-se na prescrição de um plano alimentar. O plano alimentar é o conjunto formado pela prescrição dietética individualizada, segundo guias de recomendações nutricionais e cardápios diários com sugestões de substituições por equivalentes calóricos. A prescrição do plano alimentar não deve levar em conta apenas os preceitos nutricionais; devem ser considerados também os hábitos e preferências alimentares para que se possa conseguir, por parte do cliente, um acompanhamento mais prazeroso da dieta proposta (Queiroz, 1988; Garcia, 1989). Como pode-se observar, a prescrição de um plano alimentar é uma tarefa complexa pois, além dos fatores nutricionais, envolve aspectos biopsicossociais do indivíduo.

Os sistemas computacionais de RBC utilizam as experiências contidas na memória para responder a questões referentes a novos problemas. A experiência, no domínio da Nutrição, é representada pela consulta nutricional. Ao comparar consultas de

pacientes com características semelhantes, o sistema de RBC pode diagnosticar riscos nutricionais e prescrever um plano alimentar individualizado para um novo paciente, sem refazer o processo de raciocínio anteriormente empregado.

O conhecimento do especialista em Nutrição é obtido através da teoria e de experiências práticas. Assim, planos alimentares já indicados para pacientes podem ser aplicados a novos pacientes que apresentem características similares às dos já atendidos. A compreensão desse fato é de fundamental importância para a escolha do modelo computacional a ser utilizado na execução da tarefa de prescrição dietética.

Desde os anos 60, através de programas computacionais, têm-se buscado auxiliar o nutricionista no cálculo de nutrientes e no planejamento de cardápios. (Balintify, 1964; Eckstine, 1967). A utilização cada vez maior de ferramentas computacionais na execução dessas tarefas vem disponibilizando ao nutricionista o tempo necessário para que desenvolva atividades de aprimoramento profissional e se atualize com o uso de novas tecnologias no campo da Nutrição. (Frank, G. C, 1986; Feskanich, D., 1988; Buzzard M., 1991, Lee, R. D., Nieman, D. C., Rainwater, 1995; Biesemeier, 1997). Porém, sistemas inteligentes capazes de realizar em conjunto as tarefas de diagnóstico nutricional e de prescrição de planos alimentares ainda não foram desenvolvidos.

É importante salientar que o diagnóstico em Nutrição e a prescrição de planos alimentares devem ser classificados em categorias de risco nutricional. Um paciente submetido a uma grande cirurgia, por exemplo, apresenta graus de risco nutricional diferentes daqueles apresentados por um paciente acometido por diabetes tipo 2 (que não dependem de insulina injetável). Por esse motivo, para o desenvolvimento do presente sistema, decidiu-se optar por uma única categoria de doenças cuja ocorrência apresenta íntima relação com a alimentação: as doenças crônicas degenerativas. A obesidade e a sua relação com as doenças crônicas degenerativas, entre elas, diabetes, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer, representam a maior causa de morbidade e mortalidade no mundo. O acúmulo de evidências que ligam a alimentação às doenças crônicas degenerativas tem obrigado os especialistas a focar a Nutrição como forma de controlar e prevenir seu avanço (Padilla, 1994; Blumberg, 1997).

1.1. CONTRIBUIÇÃO

O presente sistema pretende levar contribuições aos domínios da Nutrição e da Engenharia de Produção. No domínio da Nutrição, auxiliando o especialista na tarefa de prescrição dietética, através do diagnóstico nutricional das doenças crônicas degenerativas, principais causas de mortes neste final de século. O sistema procura fornecer respostas rápidas e confiáveis ao usuário quanto ao diagnóstico do risco nutricional e à prescrição de planos nutricionais individualizados. No domínio da Engenharia de Produção, na área de Inteligência Aplicada, o sistema desenvolvido oferece uma metodologia que busca solucionar alguns problemas comuns na construção de sistemas inteligentes:

- Aquisição do conhecimento;
- Agilidade na obtenção de soluções;
- Adaptação de soluções.

Soluções alternativas foram propostas para administrar cada um desses tópicos, normalmente reconhecidos como gargalos no desenvolvimento de sistemas inteligentes. Os autores Schneider e Gierl (1997) acreditam ser possível implementar em sistemas de RBC a representação do raciocínio empregado pelos médicos na tarefa de diagnóstico. Por extensão, o RBC pode ser aplicado também ao domínio da Nutrição, assim como a qualquer área do conhecimento que efetue a tarefa de diagnóstico.

1.2. MOTIVAÇÃO

A prescrição de dietas através de diagnóstico nutricional é uma tarefa que pode ser realizada através da classificação dos riscos nutricionais. Os riscos nutricionais podem ser classificados em categorias ou protótipos que apontam para uma prescrição dietética. Este fato motivou a utilização da Memória Prototípica, empregada inicialmente no sistema PROTOS, desenvolvido por Bareiss e Slator (1991).

A motivação para a utilização desse modelo de memória é buscar as soluções para os citados gargalos dos sistemas inteligentes:

- incrementando a aquisição de conhecimento;
- facilitando o processo de busca;
- adquirindo o conhecimento necessário ao bom desempenho do sistema.

O emprego da Memória Prototípica permite a implementação de uma base de protótipos que compreende as mais importantes categorias de prescrição dietética associadas a um diagnóstico nutricional. Desse modo, faz-se uma primeira busca para verificar em que categoria de prescrição dietética o caso de entrada (indivíduo a receber uma prescrição dietética) se classifica. Depois, o caso mais similar, contido naquele protótipo é recuperado, apontando a melhor solução para o caso de entrada.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é auxiliar nutricionistas através do desenvolvimento de um sistema inteligente capaz de contribuir nas tarefas de diagnóstico e prescrição. Para atingir esta meta, procurou-se:

- Representar o conhecimento do especialista em Nutrição;
- Modelar o raciocínio de especialistas em Nutrição frente às tarefas de diagnóstico nutricional e de prescrição de dietas;
- Representar a consulta em Nutrição usando o paradigma de RBC;
- Resolver o problema de aquisição de conhecimento;
- Buscar meios de agilizar a recuperação de casos no sistema.

1.4. ORGANIZAÇÃO

A presente dissertação compreende a descrição do domínio da Nutrição no capítulo 2, enfocando as doenças crônicas degenerativas, o diagnóstico nutricional, a prescrição dos planos alimentares e as dificuldades encontradas na elaboração de

cardápios. O capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica em Inteligência Artificial, dando destaque aos sistemas baseados em conhecimento, como os Sistemas Especialistas e os desenvolvidos segundo a metodologia do Raciocínio Baseado em Casos. O capítulo 4 trata da aplicação dos conhecimentos para a construção do sistema e propõe a utilização da Memória Prototípica para superar os obstáculos encontrados durante o seu desenvolvimento. O capítulo 5 descreve a Memória Prototípica, demonstra a sua construção, apresenta a realização de testes com os protótipos e como chegou-se aos protótipos definitivos. Uma seção de exemplo expõe como o sistema executa a tarefa de diagnóstico através da classificação e a prescrição de planos alimentares através da tarefa de projeto. A proposta de validação da Memória Prototípica encerra o capítulo 5 e a presente dissertação.

2. O DOMÍNIO DA NUTRIÇÃO

A Nutrição pode ser definida como o processo pelo qual ingerimos os nutrientes essenciais e os usamos para obter outras substâncias de que o nosso corpo necessita (Wenck, Baren e Dewan, 1983). Ela desempenha um papel multidimensional na qualidade de vida porque contribui para o bem estar físico, psicológico e interpessoal (Padilla, 1994). O conceito da Boa Nutrição implica em ingerir alimentos que contenham nutrientes essenciais nas quantidades necessárias à manutenção dos processos de funcionamento do corpo e conseqüente promoção da saúde. Contudo, nem sempre isso é possível, pois existem fatores internos e externos que interferem na alimentação humana.

O acúmulo de evidências que ligam a alimentação a doenças, particularmente as doenças crônicas degenerativas, tem obrigado os especialistas a enfocar a Nutrição preventiva como forma de controlar e prevenir o avanço dessas doenças (Blumberg, 1997). As doenças crônicas degenerativas constituem a maior causa de morbidade e mortalidade neste final de século. Na próxima seção esta categoria de doenças é abordada com maior profundidade, descrevendo a sua incidência, prevalência e os principais tipos.

2.1. AS DOENÇAS CRÔNICAS DEGENERATIVAS

A incidência de doenças que atingem a população mundial modificou-se ao longo deste século. Os males que afetavam a humanidade no início do século eram em sua maioria, doenças agudas, como as infecciosas e parasitárias. Os jovens eram os mais atingidos por essas doenças.

Contudo, com a crescente industrialização, a descoberta de medicamentos potentes contra os agentes infecciosos e a melhoria das condições de saneamento básico,

este quadro foi sendo alterado. Todos esses processos implicaram em melhorias na qualidade de vida e conseqüente aumento da expectativa de vida. Neste final de século, as moléstias que apresentam altas taxas de morbidade e mortalidade são as doenças crônicas degenerativas (Blumberg, 1997). Devido ao aumento da expectativa de vida, os mais atingidos pelas doenças crônicas são os idosos. Cerca de 75% das mortes de pessoas com idade em torno de 65 anos, nos estados Unidos, são decorrentes de doenças cardíacas, câncer e doenças vasculares cerebrais (WHO, 1990). Os dados da tabela a seguir mostram as principais causas de mortes e suas porcentagens nos EUA.

Tabela: 1 Total estimado das principais causas de mortes e suas porcentagens nos EUA.

Colocação	Causa de mortes	Número	Total de mortes (%)
1º <i>a</i>	Doenças cardíacas	759.400	35,7
	- doenças cardiovasculares	511.700	24,1
	- outras doenças do coração	247.700	11,6
2º <i>a</i>	Câncer	476.700	22,4
3º <i>a</i>	Derrame (AVC)	148.700	7,0
4º <i>b</i>	Acidentes de trânsito	92.500	4,4
5º	Doenças obstrutivas do pulmão	78.000	3,7
6º	Pneumonia e gripe	68.600	3,2
7º <i>a</i>	<i>Diabetes mellitus</i>	37.800	1,8
8º	Suicídio	29.600	1,4
9º <i>b</i>	Doenças do fígado e cirrose	26.000	1,2
10º <i>a</i>	Aterosclerose	23.100	1,1
Todas as causas		23.100	100,0

Legenda: *a*: causa de mortes com relação à dieta

b: causa de mortes por excessivo consumo de álcool.

Segundo os dados da Tabela 1, a doença cardiovascular é a principal causa de mortes nos EUA, constituindo-se em 24% do total. Além disso, os dados mostram que 72,4% das causas de mortes da população foram provocadas por doenças que apresentam comprovada relação com a alimentação: doenças cardíacas, câncer, derrame, *diabetes mellitus*, e aterosclerose. Segundo os dados apresentados, ainda pode-se inferir que aproximadamente 5,6% das causas de mortes foram provocadas por doenças ou problemas relacionados com a alimentação: as doenças do fígado e acidentes de trânsito ambos provocados pela excessiva ingestão de álcool.

Esta estatística não difere muito da apresentada no Brasil. Segundo dados do Ministério da Saúde (1999), cerca de 38% das mortes da população na faixa etária acima dos 65 anos correspondem a doenças do aparelho circulatório. Nessa porcentagem estão incluídas as doenças cerebrovasculares (32%), doenças isquêmicas do coração (29%) e infarto agudo do miocárdio (21%). Todas essas doenças possuem relação comprovada com altos índices de colesterol no sangue. Já as doenças hipertensivas, relacionadas ao colesterol e ao alto consumo de sal, contam com 3%. O Diabetes mellitus conta com 4% das causas de morte nessa mesma população.

Estes são dados alarmantes, pois além de serem as principais causas de mortes, essas doenças representam queda substancial na qualidade de vida. Estudos comprovam que a associação entre a obesidade e as doenças crônicas degenerativas, como *diabetes mellitus*, hipertensão arterial e hiperlipidemia, constitui fator de extrema importância para a redução da qualidade e da expectativa de vida (Lottenberg, 1995). Isto ocorre devido a complicações tão comuns na evolução dessas doenças, que muitas vezes levam à incapacitação do indivíduo.

Pesquisas realizadas pela *American Heart Association* (1997) apontam que as medidas preventivas, principalmente no que se refere à mudança de hábitos alimentares e estilo de vida, têm efeito positivo e comprovado na qualidade de vida. A adoção de hábitos alimentares saudáveis e atividade física constante aumentam as chances de longevidade livre de doenças coronarianas, derrames e diabetes mellitus, proporcionando melhor qualidade de vida (Goya, 1998).

A vida agitada nos grandes centros urbanos tem provocado mudanças substanciais na alimentação e no estilo de vida (Razowski e Moreno, 1997). As pessoas tem optado cada vez mais por uma alimentação rápida e prática, o *fast-food*. Contudo, este tipo de alimentação é muito rico em gorduras saturadas e proteínas, acarretando em aumento do risco nutricional para as doenças crônicas degenerativas. Além disso, existe uma tendência acentuada ao sedentarismo, provocada pela diminuição de exercícios físicos. Por isso, os pesquisadores têm focado a prevenção de doenças crônicas degenerativas através da adoção de uma alimentação saudável e balanceada, juntamente com a prática de exercícios, visando uma melhor qualidade de vida (McArdle, 1992; Raidl, 1995; AHA, 1997). A seguir, são apresentadas as doenças crônicas degenerativas que possuem relação com a alimentação, salientando as suas causas, incidência e medidas de prevenção relacionadas com a Nutrição.

2.1.1. Doenças cardiovasculares

A incidência de doenças cardiovasculares é responsável por aproximadamente 24% das mortes nos EUA (Blumberg, 1997) e 38% das mortes no Brasil (Ministério da Saúde, 1999). Isto se deve a hábitos alimentares errôneos e à crescente tendência ao sedentarismo, comuns nos grandes centros de países desenvolvidos, como os EUA. A importação desses hábitos para países em desenvolvimento, como o Brasil, tem levado a um aumento crescente de doenças cardiovasculares.

O ponto de partida para a redução dos níveis de risco do colesterol sérico, segundo a *American Heart Association*, (1990) e Assis, (1997), é a mudança de estilo de vida com relação a:

- Hábitos alimentares, particularmente com a redução das gorduras saturadas e o aumento de fibras solúveis;
- Prática de atividade física regular

2.1.2. Câncer

O câncer é responsável por 22% das mortes nos EUA (Blumberg, 1997) e 13% no Brasil (Ministério da Saúde, 1999). É considerada a terceira causa de mortes e possui íntima relação com hábitos alimentares. Ao contrário das doenças cardíacas, a sua taxa vem aumentando. A incidência de tipos de câncer associados à alimentação (mama, cólon e próstata) aumentou. Vários estudos indicam que a excessiva ingestão de gorduras é um fator de risco para alguns tipos de câncer, principalmente o câncer de mama, cólon, próstata, reto e ovários. Outros componentes da alimentação aparecem como risco potencial de câncer: os defumados, embutidos e agentes contaminantes como as aflatoxinas e compostos N-nitrosos.

Os padrões dietéticos que caracterizados pelo alto consumo de fibras estão associados à baixa ocorrência de certos tipos de câncer, principalmente mama e cólon. Estudos demonstram que as frutas, os vegetais amarelos e verdes são alimentos que contribuem para a prevenção do câncer, pois são fontes de substâncias antioxidantes.

2.1.3. *Diabetes mellitus* tipo 2

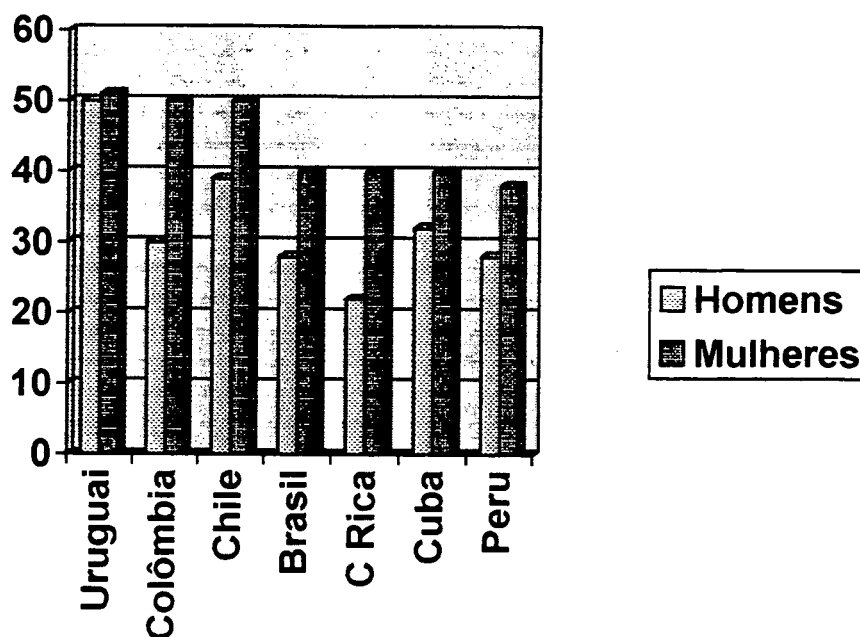
O diabetes tipo 2 (não-insulino dependente) não é o mais grave, mas é de mais difícil diagnóstico, pois os sintomas raramente aparecem na sua fase inicial. Estima-se que 4 a 5 milhões de pessoas são portadoras de diabetes não diagnosticada. As complicações mais comuns são neuropatia, retinopatia e doença cardiovascular, que muitas vezes advêm de um diagnóstico tardio ou de um acompanhamento errôneo do tratamento por parte dos pacientes. Essas complicações têm um impacto negativo sobre a expectativa de vida ativa, debilitando ou incapacitando os seus portadores.

A obesidade é um fator importante na prevalência do diabetes tipo 2. A dieta balanceada, o controle do peso e os exercícios físicos são capazes de normalizar a glicemia e podem minimizar os efeitos deletérios do diabetes. O aconselhamento

dietético para diabéticos consiste em diminuir o consumo de carboidratos, principalmente os carboidratos simples, dando preferência à ingestão dos provenientes das frutas e vegetais, em aumentar a ingestão de fibras solúveis, em reduzir as gorduras da dieta, principalmente as saturadas, e em evitar um alto consumo de proteínas.

2.1.4. Obesidade

A obesidade é um distúrbio nutricional relacionado com o excesso de ingestão de calorias. Ela está associada a outras doenças, como as doenças coronarianas, hipertensão, *diabetes mellitus*, dislipidemias, doenças da vesícula biliar, osteoporose e alguns tipos de câncer, aumentando a morbidade e a mortalidade (Pisunyer, 1991). Este distúrbio, muito comum em países desenvolvidos, visto que a sua maior causa é o excesso de ingestão de alimentos, tem atingido, também, nos países em desenvolvimento. Com a crescente globalização, têm-se assistido a um aumento dramático na prevalência de obesidade nos países em desenvolvimento. Isto se deve a mudança de hábitos alimentares e estilo de vida em toda a América Latina. Estes países estão incorporando hábitos alimentares dos países mais industrializados. De fato, esta tendência, chamada de “ocidentalização da Nutrição” (*nutritional westernization*), vem se caracterizando pelo aumento do consumo de *fast-food* e por uma tendência à diminuição da atividade física (Razowski e Moreno, 1997). A incorporação dessa mudança de hábitos alimentares nas regiões da América Latina tem propiciado o aumento das taxas de doenças crônicas degenerativas em contraposição à das doenças infecto-contagiosas, as maiores responsáveis pela mortalidade no passado. Existem estudos que permitem a comparação da prevalência da obesidade em muitos países da América Latina. O indicador de obesidade escolhido na pesquisa foi o Índice de Massa Corporal acima de 25kg/m² e os resultados podem ser demonstrados na figura a seguir.



Figural: Prevalência de obesidade na América Latina (IMC>25kg/m²).

Os resultados apresentados na Figura 1 são alarmantes. Verificou-se uma alta prevalência de obesidade, principalmente com relação ao sexo feminino, em todos os países estudados. No Brasil, a prevalência de obesidade é maior no sexo feminino, enquanto no Uruguai encontramos uma prevalência de obesidade semelhante em homens e mulheres. Tais resultados demonstram que são necessárias medidas urgentes para que a população se conscientize dos males de uma dieta rica em gorduras e proteínas. Cabe aos especialistas em Nutrição alertar para a importância de uma alimentação adequada, balanceada e variada (Meisler, et al.,1996). Na próxima seção apresentamos a importância do diagnóstico nutricional na prevenção e no tratamento das doenças crônicas degenerativas que apresentam relação com a alimentação.

2.2. O DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL

O cuidado nutricional individual é muito importante na prevenção e no tratamento das doenças relacionadas com a alimentação, como é o caso das doenças crônicas degenerativas. O estabelecimento de uma conduta dietética adequada depende

do diagnóstico nutricional para avaliar a existência de fatores de risco nutricional (Krause e Mahan, 1995). O risco nutricional é o potencial prejuízo que uma alimentação inadequada, associada a fatores hereditários ou não, pode ocasionar a um indivíduo. A determinação do diagnóstico nutricional é efetuado durante uma consulta com especialistas. A consulta em Nutrição consta de quatro etapas:

- coleta de informações;
- análise das informações obtidas;
- estabelecimento do plano de ação;
- determinação da conduta dietoterápica.

A finalidade do diagnóstico nutricional é verificar a influência da alimentação na saúde do indivíduo. Isto é obtido através da avaliação do estado nutricional. As finalidades da avaliação nutricional são identificar distúrbios nutricionais, estabelecer valores básicos para avaliar a eficácia de planos alimentares e reconhecer, precocemente, potenciais riscos à saúde devido a fatores nutricionais.

Através de uma consulta, o especialista em Nutrição coleta informações pertinentes ao estado nutricional do indivíduo. Os instrumentos necessários para a obtenção do diagnóstico nutricional são história dietética, dados antropométricos, bioquímicos, antecedentes médicos, antecedentes familiares, histórico alimentar e fatores psicossociais.

- O histórico do consumo alimentar feito através de anamnese alimentar indica a presença de hábitos alimentares errôneos que podem interferir no estado nutricional do indivíduo;
- Dados antropométricos obtidos através das medidas de altura, peso e/ou dobras cutâneas. Fornecem informações sobre a massa e a distribuição de gordura corpórea;
- Os exames bioquímicos indicam o estado nutricional através do estado metabólico do indivíduo, entre eles: glicemia, colesterol sérico, hemograma etc.;
- Os antecedentes médicos indicam patologias que podem estar associadas à alimentação, como por exemplo, diabetes, obesidade, hipertensão, anemia ferropriva etc.;

- Os antecedentes familiares indicam se os parentes próximos apresentam doenças que podem ser transmitidas por hereditariedade, como por exemplo, as acima citadas;
- A determinação de fatores psicossociais, como ansiedade, depressão, condição sócio-econômica que podem interferir na alimentação.

A análise conjunta desses dados conduz ao diagnóstico nutricional e à determinação de uma conduta dietética específica. A prescrição dietética é definida como uma intervenção que implica na melhoria da saúde do indivíduo através de uma dieta. O plano alimentar envolve a prescrição de uma dieta adequada e balanceada e a sugestão de cardápios. Esta dieta deve levar em consideração a composição de nutrientes dos alimentos, equilíbrio entre quantidade e qualidade dos nutrientes, ingestão de alimentos e refeições do dia, respeitando a adequação e as preferências individuais (Krause, 1995).

A determinação do diagnóstico nutricional é uma tarefa complexa que envolve muitos fatores interligados. Por esse motivo, nutricionistas do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo iniciaram uma discussão sobre a definição do diagnóstico nutricional, propondo que a principal pergunta a ser respondida na determinação do diagnóstico nutricional é: “a anamnese alimentar justifica ou pode justificar o estado nutricional do doente?” Segundo o estudo realizado, a conduta nutricional deve ser orientada pelo diagnóstico nutricional, por isso, a determinação do diagnóstico deve preceder o estabelecimento da conduta. A hipótese diagnóstica deve ser confirmada ou rejeitada a partir da observação evolutiva do paciente e do seu comportamento perante a conduta dietoterápica. (Baxter, Borghi e Maculevicius, 1993).

O conhecimento dos hábitos alimentares do indivíduo também é de fundamental importância para o diagnóstico nutricional. Muitas vezes hábitos alimentares errôneos podem levar ao aparecimento de doenças, principalmente as crônicas degenerativas, que poderia ser evitada. Segundo Pennington (1991), existem oito métodos de avaliação do consumo alimentar:

Tabela 2: Métodos de avaliação do consumo alimentar (Pennington, 1991)

-
- **Despesa nacional de alimentos** – dados da produção nacional de alimentos e de importação, subtraídos os alimentos exportados, desperdícios, armazenamento e utilização não humana de alimentos. Os resultados expressam a disponibilidade de alimentos para o consumo individual por dia;
 - **Despesa familiar com alimentos** – alimentos adquiridos e utilizados no período de uma semana por uma família, subtraídas as doações, o desperdício e o consumo de alimentos por hóspedes. O resultado é dividido pelo número de moradores, expressando o consumo de alimento individual por dia.
 - **Anamnese alimentar a** – entrevista sobre a utilização de alimentos, preparações, tamanho das porções, preferências alimentares etc. Inclui um recordatório de 24 horas ou frequência de alimentos.
 - **Frequência de alimentos** (quantitativa ou qualitativa) – questionário contendo uma lista de alimentos, com a indicação da frequência do consumo diário, semanal ou mensal. As porções dos alimentos devem ser indicadas.
 - **Recordatório de 24 horas** – entrevista baseada na descrição detalhada do consumo alimentar em 24 horas, constando tipo de alimento, preparações e porcionamento.
 - **Questionário de alimentos** – Informações sobre o tipo de alimento, quantidade e horários de refeições por um ou mais dias.
 - **Consumo mensurado de alimentos** – são considerados o tipo de alimento e a quantidade, sendo que as porções de alimentos são pesadas em balanças de precisão, antes do seu consumo. Semelhante ao questionário de alimentos, mas com informações mais apuradas.
 - **Porcionamento duplicado b** – o indivíduo faz uma duplicata exata dos alimentos consumidos e coloca num recipiente durante um ou mais dias. Os alimentos são homogeneizados para a análise de nutrientes e/ou agentes contaminantes. Um questionário é preenchido juntamente com a coleta dos alimentos, descrevendo o tipo e a quantidade consumida.
-

a, na realidade, não é um método único, pois reúne informações sobre frequência de alimentos e de questionários.

b, na realidade, não é um método para avaliação do consumo alimentar, mas sim uma forma de obter amostras de alimentos para a análise laboratorial.

Contudo, o registro e a avaliação do consumo alimentar são os mais difíceis aspectos a serem considerados na avaliação nutricional, devido a alguns fatores:

- O indivíduo pode não lembrar exatamente o que ingeriu e em qual quantidade;
- A ingestão alimentar do dia anterior pode ter sido atípica;
- Por diferentes razões, o indivíduo pode não dizer a verdade.

Estes fatores ainda constituem um desafio até mesmo para especialistas. Somente através da prática torna-se possível avaliar as respostas fornecidas pelos pacientes, possibilitando a determinação de um diagnóstico mais preciso sobre a relação entre a alimentação e o estado nutricional do indivíduo.

A verificação da adequação de energia e nutrientes da dieta ingerida pelo indivíduo é feita com base em padrões nutricionais preestabelecidos como, por exemplo, o *Recommended Dietary Allowances* (RDA) (National Research Council, 1989). Os padrões de recomendações nutricionais são utilizados para orientar o cálculo de dietas para pessoas saudáveis e para verificar a adequação da alimentação referida pelo paciente em inquéritos sobre o consumo alimentar. Os parâmetros utilizados pelo RDA são idade, sexo, peso ideal, atividade física. Contudo, cabe ressaltar que os padrões são baseados em estudos populacionais e podem superestimar as necessidades nutricionais de um indivíduo.

2.2.1. Indicadores de riscos para a saúde: o índice de massa corpórea (IMC) e a relação cintura quadril

Muitos profissionais da saúde, incluindo médicos e nutricionistas, buscam relacionar os níveis de obesidade ao risco para a saúde. O peso como um parâmetro isolado, embora seja frequentemente obtido como parte da rotina de consultórios, não

constitui uma boa informação sobre esta relação. Quando o peso é relacionado a outros parâmetros, como o IMC e a circunferência abdominal, pode-se obter uma estimativa da sua associação com o risco à saúde. Estas informações são muito importantes no acompanhamento do controle da obesidade e devem ser coletadas rotineiramente (Rippe, Crossley and Ringer, 1998). A utilização de indicadores de risco nutricional está cada vez mais sendo preconizada em estudos populacionais. O Índice de Massa Corpórea e a Relação cintura/quadril constituem os indicadores de risco nutricional mais utilizados devido à sua fácil obtenção e a precisão nos resultados

A utilização do Índice de Massa Corpórea (IMC) na avaliação do risco à saúde é o instrumento mais prático para orientar o tratamento da obesidade e é considerada a melhor estimativa da relação entre obesidade e o risco nutricional (St Jeor, 1997; Spiegelman, 1992). Constitui uma ferramenta importante e fácil de ser obtida para o diagnóstico nutricional. Ele é calculado da seguinte forma:

$$\text{peso}/(\text{altura})^2$$

onde:

peso \Rightarrow peso atual em kg;

altura \Rightarrow em metros, elevada ao quadrado.

A definição de faixas de IMC saudáveis (IMC=19 a 25) é aceita pela Organização Mundial da Saúde (1997) e está baseada na avaliação do risco da obesidade (Meisler et al, 1996) em ocasionar doenças crônicas degenerativas. O IMC pode classificar o indivíduo em:

- Desnutrição: <18,5
- Eutrofia : 18,5 – 24,9
- Sobrepeso: 25 – 30
- Obesidade moderada: 30 – 40
- Obesidade mórbida: > 40

A relação cintura/quadril é o índice mais utilizado para averiguar a distribuição local de tecido adiposo regional. A circunferência da cintura é determinada na área mais estreita, acima do umbigo e a do quadril, sobre a área máxima dos glúteos (Assis, 1997). Os valores de circunferência da cintura acima de 100cm são considerados potencialmente aterogênicos, ou seja, podem indicar maior deposição de colesterol nas artérias. Os valores limiares sugeridos como adequados para a relação da circunferência cintura/quadril são:

- 0,8 para mulheres de meia idade ou idosas
- 0,9 para homens

Valores superiores são considerados fatores de risco de doença cardiovascular, apresentando correlação positiva com a mortalidade cardiovascular em homens e mulheres (Pouliot, 1994).

Embora a relação cintura quadril tenha sido bastante empregada para estimar a distribuição de gordura corpórea, a literatura recente sugere que a circunferência abdominal pode indicar uma melhor correlação com doenças crônicas e degenerativas e a ocorrência de adiposidade na região central do corpo (Poillot et al, 1994). Fortes correlações foram observadas com o risco para diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, hipertensão e dislipidemias (Despres, 1993; Poillot et al, 1992). Quanto maior for a medida da circunferência abdominal, maior é o risco de se adquirir doenças crônicas e degenerativas.

A distribuição regional da gordura corporal é um indicador de risco nutricional muito importante. Estudos revelam que existe uma íntima relação com o tipo de distribuição regional de gordura corporal e a ocorrência de doenças cardiovasculares (Assis, 1997). Os tipos de distribuição de gordura corporal dividem-se em: abdominal, conhecida como andróide, e no quadril, denominada ginecóide. O tipo de distribuição de gordura corporal que apresenta maior relação com o aparecimento de doenças cardiovasculares é o andróide.

Conhecendo-se o grau de risco nutricional ao qual o indivíduo está submetido, o passo seguinte é o estabelecimento da conduta dietética, que consiste na prescrição de

uma dieta individualizada e adequada nutricionalmente, na orientação da dieta prescrita e no acompanhamento evolutivo do paciente.

2.3. A PRESCRIÇÃO DIETÉTICA

Após efetuar o diagnóstico nutricional, o profissional de Nutrição elabora uma prescrição dietética individualizada, compatível com o paciente. Para tanto, são seguidos guias de recomendações nutricionais. O *Recommended Dietary Allowances* (RDA) (National Research Council, 1989) é o guia alimentar mais utilizado para a definição das recomendações nutricionais.

Alguns itens propostos pela *American Dietetic Association* (ADA) também devem ser considerados na elaboração das dietas:

- Não existem alimentos “bons ou maus”;
- As chaves para uma boa dieta são o balanceamento, a variedade e a moderação;
- Deve-se encarar a dieta como um todo e não como alimentos em separado;
- A escolha adequada de alimentos deve ser encorajada;
- A atividade física regular é um componente essencial para a boa saúde.

A prescrição dietética deve conter a recomendação de calorias, a porcentagem de carboidratos, proteínas e lipídios com relação ao valor calórico total da dieta, a quantidade de ácidos graxos saturados, poliinsaturados e monoinsaturados, colesterol, fibras e líquidos. Para atender a estas recomendações específicas deve ser elaborado um cardápio individualizado para cada paciente, indicando recomendações gerais para uma alimentação equilibrada e balanceada.

Na fase inicial de perda de peso sugere-se que o consumo de calorias da dieta não seja inferior a 800 Cal/dia. Um estudo feito por Foster et al (1992) comprovou que não há diferenças significativas de perda de peso quando são empregadas dietas inferiores a 800 Cal/dia. Dietas com quantidades adequadas de energia provocam perdas de peso satisfatórias e minimizam os efeitos adversos de dietas muito reduzidas em calorias.

Quanto às proteínas, recomenda-se que a dieta forneça quantidades suficientes para a manutenção do balanço de nitrogênio. O RDA sugere que numa dieta de 2000 a 2500 Cal/dia com boa qualidade em proteínas deva fornecer cerca de 50g de proteínas para mulheres e 63g para homens. Durante a fase de restrição calórica, no caso de obesos, sugere-se que seja consumida pelo paciente uma dieta que forneça cerca de 72 a 80g de proteínas por dia. Pacientes que ingerem poucas quantidades de proteínas (menos de 40g) ou consomem proteínas de baixa qualidade apresentam risco de desenvolver arritmias ventriculares (Pi- Sunyer, 1993).

Os carboidratos previnem a perda de massa magra. Contudo o seu consumo não deve ser excessivo. Uma dieta deve conter cerca de 100g de carboidratos no mínimo por dia para prevenir a cetose. A utilização de uma dieta pobre em carboidratos pode levar à hiperuricemia. Os corpos cetônicos produzidos pela oxidação da gordura numa dieta hipocalórica competem com os uratos pela reabsorção tubular dos rins, resultando numa elevação do ácido úrico.

A recomendação para o consumo adequado de gorduras em dietas ainda provoca debates. Uma dieta composta por 30% de gorduras é recomendável para uma população sadia, segundo o *Surgeon General of United States* (1988), mas ainda não é capaz de reduzir os riscos para doenças cardíacas e alguns tipos de câncer. A restrição de gorduras em cerca de 10% do valor calórico total da dieta, é muito difícil de ser seguida por um longo período e pode ocasionar uma hipovitaminose de vitaminas lipossolúveis. Portanto, recomenda-se elaborar uma dieta com 20% a 25% de calorias provenientes de gordura, pois, desta forma, pode-se trazer benefícios significativos à saúde sem prejuízo da palatabilidade e aceitação da dieta (Nonas, 1998).

Com a finalidade de melhor orientar o paciente para que ele possa seguir a dieta segundo as recomendações nutricionais, foram criadas formas de representação para a elaboração de cardápios. No Brasil foi desenvolvida por Phillipi et col. (1996) a Pirâmide de Alimentos Adaptada, baseada na Pirâmide de Alimentos dos Estados unidos, com algumas modificações, para a elaboração de cardápios e orientação nutricional.

Os planos alimentares devem incluir as recomendações para vitaminas e minerais. Uma dieta variada composta de grandes quantidades de frutas, legumes e verduras é indicada, mas muitas dietas para perda de peso são deficientes em cálcio, ferro e vitamina E, sendo necessária a prescrição de suplementos medicamentosos sob supervisão médica. Ao conjunto da prescrição dietética, cardápio e recomendações dá-se o nome de plano alimentar.

2.4. O PLANO ALIMENTAR

A palavra dieta apresenta uma conotação negativa para muitos pacientes, principalmente para os pacientes acometidos de obesidade (Goodrick, 1991). Esta palavra está geralmente associada a uma restrição de alimentos e de energia, o que provoca uma dificuldade de aderência do paciente ao tratamento dietético (Nonas, 1998). Contudo, dieta é um palavra de origem grega que significa estilo de vida. No caso da obesidade é um novo estilo de vida que busca reduzir o risco de morte ou doenças. A dieta, no contexto das doenças crônicas e degenerativas, apresenta duas abordagens:

1. No estágio agudo a dieta é um “medicamento”, uma primeira intervenção empregada para reduzir os sintomas da doença
2. No estágio crônico, a dieta é um componente essencial para uma mudança do estilo de vida desejável para a manutenção da doença em patamares inofensivos.

O plano alimentar neste contexto, busca motivar o paciente no seguimento da dieta prescrita, fornecendo uma sugestão de cardápio que atenda às suas necessidades nutricionais e preferências individuais. Além do cardápio, deve-se propiciar ao paciente alternativas para que não fique preso a um modelo que não possibilite a variação de alimentos. Por isso, deve-se fornecer juntamente com o cardápio uma lista de substituições coerentes de alimentos, segundo o tipo de nutriente do alimento, por equivalente calórico e etc.

A elaboração do plano alimentar deve considerar os itens propostos pela *ADA* e pelos guias alimentares. Muitos hábitos alimentares considerados errôneos devem ser corrigidos, enfatizando-se a boa alimentação. Cabe ressaltar que o plano alimentar representa, em alguns casos, uma nova forma de encarar a alimentação. Por isso, deve-se procurar atender também as preferências nutricionais individuais, levando-se em conta a presença de alergias alimentares ou intolerâncias a certos tipos de alimentos. Deve-se elaborar uma dieta adequada para cada necessidade nutricional individual e um plano alimentar com uma sugestão de cardápio e suas possíveis variações.

Os planos alimentares sugeridos para as doenças crônicas degenerativas devem enfatizar uma alimentação equilibrada e nutricionalmente correta. A dieta para perda de peso deve ser reduzida em calorias totais, mas adequada e equilibrada com relação a todos os nutrientes. A dieta deve conter quantidades adequadas de proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas, minerais e fibras. Muitas vezes o aparecimento das doenças crônicas e degenerativas está relacionado ao consumo inadequado de calorias, de proteínas, carboidratos e de lipídios. A orientação nutricional através da prescrição de planos alimentares visa fornecer o conhecimento necessário para que o paciente possa seguir uma alimentação saudável e equilibrada quanto a quantidade e qualidade dos alimentos ingeridos.

A elaboração de cardápios que atendam as necessidades nutricionais e individual (preferências) do paciente são importantes para motivá-lo no acompanhamento da dieta proposta. Contudo, a elaboração de cardápios é uma tarefa complexa, pois deve considerar muitos aspectos em conjunto, tais como os nutricionais, estéticos e econômicos. É importante ressaltar que o tratamento dietético para doenças crônicas e degenerativas não é o único comportamento saudável que deve ser adotado no controle do processo destas doenças. A atividade física, mesmo que seja apenas uma caminhada, praticada regularmente também deve ser estimulada e incentivada. Estas mudanças no estilo de vida devem fazer parte do conjunto de tratamento das doenças crônicas e degenerativas. Na próxima seção é descrita a dificuldade que especialistas em nutrição encontram na elaboração de cardápios.

2.5 AS DIFICULDADES NA ELABORAÇÃO DE CARDÁPIOS

As pessoas planejam naturalmente cardápios para suas famílias, seus amigos e para si próprias. Os profissionais da alimentação planejam, cardápios também para coletividades (restaurantes, hospitais, bases militares, penitenciárias e outras instituições). Além de considerar a estética dos cardápios, deve-se atentar para o aspecto nutricional. Atender aos padrões nutricionais durante o planejamento de cardápios não é tão simples como pode parecer. Num recente estudo sobre planejamento de cardápios, somente 11% dos nutricionistas conseguiram calcular cardápios que atendessem ao RDA de 1989, conforme especifica o *Dietary Guidelines for Americans*. Dollahite *et al* (1995), fizeram uma pesquisa entre os principais guias alimentares e cardápios calculados por nutricionistas. Eles apuraram que a maior parte dos entrevistados encontrou dificuldades para elaborar cardápios que atingissem a todas as recomendações propostas pelos guias. Num outro estudo, quando os cardápios eram planejados para atender tanto ao *Dietary Guidelines* quanto ao RDA, Deleeuw *et al.*(1992), apurou que não era possível atender aos dois critérios em dietas de redução calórica.

Através desses fatos pode-se constatar que os guias alimentares estabelecem critérios para a avaliação de cardápios. Eles não informam precisamente como construir cardápios que atendam a seus critérios. Contudo, o mais construtivo desses guias é o *Food Guide Pyramid* (FGP) (U. S. Department of Agriculture, 1981) que diz quais tipos e quantidades de alimentos devem ser incluídos numa dieta diária balanceada. Na abordagem do FGP são estabelecidos grupos de alimentos e suas substituições. Um cardápio balanceado é composto pela seleção do número certo de porções de cada grupo. Essa abordagem tem seu mérito e também seus problemas. No planejamento manual de cardápios, as pessoas estão propensas a usar incorretamente essa abordagem, selecionando alternativas alimentares com nutrientes de baixa densidade ou ingerindo porções de tamanho menor que o recomendado. Nem todos os alimentos de cada grupo possuem a mesma qualidade nutricional. Cardápios construídos de acordo com esses guias não atendem necessariamente a outras recomendações dietéticas.

Segundo Spears (1995), o planejamento de cardápios auxiliado por sistemas computacionais inteligentes constitui um desafio em Inteligência Artificial, devido à dificuldade em quantificar as variáveis estéticas como sabor, cor e textura, e as variáveis nutricionais envolvidas. A cor e a textura podem ser modeladas através de lógica difusa, mas sabor é uma variável muito pessoal além, é claro, dos aspectos nutricionais, que não podem ser esquecidos. Na próxima seção serão apresentados alguns sistemas inteligentes que tentaram resolver o problema da elaboração de cardápios.

2.6. CONCLUSÃO

A Nutrição desempenha um papel fundamental na qualidade de vida. Contudo, nem sempre é possível seguir hábitos alimentares saudáveis, pois existem fatores internos e externos que interferem na nutrição humana. O acúmulo de evidências que ligam a alimentação a doenças, particularmente as doenças crônicas degenerativas, tem obrigado os especialistas a focar a Nutrição preventiva como forma de controlar e prevenir o avanço dessas doenças. As doenças crônicas degenerativas constituem importante queda na qualidade de vida e são as principais causas de mortes neste final de século.

O cuidado nutricional individual é muito importante na prevenção e no tratamento das doenças crônicas degenerativas relacionadas com a alimentação. O estabelecimento de uma conduta dietética adequada depende do diagnóstico nutricional para avaliar a existência de fatores de risco nutricional que estejam levando o indivíduo a apresentar uma doença crônica degenerativa.

A principal pergunta a ser respondida pela hipótese diagnóstica nutricional é: a anamnese alimentar justifica ou pode justificar o estado nutricional do doente? A hipótese diagnóstica deve ser confirmada ou rejeitada a partir da observação evolutiva do paciente e do seu comportamento perante a conduta dietoterápica. A finalidade do diagnóstico nutricional é verificar a influência da Nutrição na saúde do indivíduo. Isto é obtido através da avaliação do estado nutricional.

Após efetuar o diagnóstico nutricional, o profissional de Nutrição efetua uma prescrição dietética individualizada, compatível com o paciente.

Alguns itens propostos pela *American Dietetic Association* (ADA) também devem ser considerados na elaboração das dietas:

- Não existem alimentos “bons ou maus”.
- As chaves para uma boa dieta são o balanceamento, a variedade e a moderação.
- Deve-se encarar a dieta como um todo e não como alimentos em separado.
- A escolha adequada de alimentos deve ser encorajada
- A atividade física regular é um componente essencial para a boa saúde.

A prescrição dietética deve conter a recomendação de calorias e nutrientes para atender as necessidades nutricionais específicas de cada paciente, indicando recomendações gerais para uma alimentação equilibrada e balanceada. Ao conjunto da prescrição dietética, do cardápio e das recomendações gerais chamamos de plano alimentar.

O plano alimentar deve ser elaborado considerando os itens propostos pela ADA, os guias alimentares e as preferências individuais. Cabe ressaltar que o plano alimentar representa, em alguns casos, uma nova forma de encarar a alimentação. Muitos hábitos alimentares considerados errôneos devem ser corrigidos e deve ser enfatizada a boa alimentação. Contudo, deve-se procurar atender também as preferências alimentares individuais, a presença de alergias alimentares ou intolerâncias a certos tipos de alimentos. O principal objetivo da presente dissertação é auxiliar especialistas na elaboração de uma dieta adequada para cada necessidade nutricional individual e um plano alimentar com uma sugestão de cardápio e suas possíveis variações, utilizando um sistema computacional inteligente. No próximo capítulo é apresentada a fundamentação teórica em Inteligência Artificial, que possibilitou o desenvolvimento do sistema proposto.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“Rerum omnium magister usus.”

A experiência é mestra de todas as coisas.

CÉSAR (101-44 a.C.) A guerra Civil, II.

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica em Inteligência Artificial que orientou o desenvolvimento do sistema proposto, com ênfase na metodologia escolhida: O Raciocínio Baseado em Casos.

3.1. A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da Ciência da Computação dedicado ao estudo das técnicas que possibilitam a representação em máquinas de algum aspecto da cognição humana (Weber, 1996). Seguindo essa linha Rich (1988) propõe que “*IA é o estudo de como fazer com que a máquina possa realizar tarefas que hoje são melhor realizadas pelo homem*”. Já para Hop Good (1993), a pesquisa em IA é voltada para a construção de uma máquina que melhore a compreensão sobre a inteligência. Com base nessas três definições, pode-se concluir que IA é o campo do desenvolvimento de programas de computadores que simulam a cognição humana. Os pesquisadores em IA concordam que duas questões distintas devem ser consideradas: a questão científica, que lida com aspectos teóricos da cognição, ou seja, estuda os processos do raciocínio humano para compreender o mecanismo da inteligência, e a questão tecnológica, que se preocupa com a representação destes processos através da máquina (computador, robôs etc) (Turban, 1995).



3.1.1. Evolução histórica

Em 1950, Alan Turing, elaborou um teste simples para saber se uma máquina seria capaz de pensar. O teste consistia da formulação de perguntas que seriam respondidas por um computador e por uma pessoa. Se fosse confundida com o ser humano, a máquina seria considerada inteligente. Ainda hoje esse modelo é utilizado na avaliação de alguns sistemas inteligentes (Barreto, 1998). Durante a famosa Conferência do Colégio Dartmouth (1956) surgiu o campo de estudos da Inteligência Artificial. De acordo com as previsões feitas por aqueles cientistas, as pessoas deveriam estar envolvidas em atividades recreativas, enquanto os computadores fariam todo o trabalho (Gevarter, 1984). Em 1960, Newell e Simon propuseram a resolução de problemas gerais – *general problem solving* (GPS). Contudo, é muito difícil atingir o propósito do GPS: resolver qualquer problema em qualquer domínio. O processamento do conhecimento para solucionar todo e qualquer tipo de problema é uma tarefa impossível. Em 1965, Zadeh propõe a base da lógica difusa, que lida com avaliação de expressões lógicas, contendo valores incertos. Este modelo auxilia na resolução dos problemas que apresentam imprecisões, incertezas e ambigüidades. Por volta de 1970, a Inteligência Artificial tinha alcançado somente sucessos limitados (Gevarter, 1984). Os sistemas eram capazes de encontrar soluções para problemas imaginários ou problemas bem construídos, como jogos. Os problemas reais e complexos provaram estar além das técnicas elaboradas ou resultaram em uma explosão combinatória que excedia as capacidades dos computadores (Hop Good, 1993).

A pesquisa em IA evoluiu muito, mas ainda encontra limitações. O objetivo de conferir inteligência aos sistemas é construir uma máquina que imite ou exceda as capacidades mentais humanas, incluindo raciocínio, compreensão, imaginação, criatividade e emoções (Hop Good, 1993). Existem algumas máquinas que imitam áreas específicas e refinadas da atividade mental humana. Como por exemplo, computadores que jogam xadrez de alto nível, máquinas que reconhecem a caligrafia e sistemas que complementam o diagnóstico médico.

Os Sistemas Baseados em Conhecimento, principalmente os Sistemas Especialistas e os sistemas de RBC, constituem aplicações da IA e serão considerados nas seções seguintes. Estas aplicações são relevantes para a presente dissertação, pois outras tecnologias de IA não produziram pesquisa significativa no domínio do diagnóstico nutricional e da prescrição de planos alimentares.

3.1.2. Engenharia do Conhecimento

Um sistema inteligente é desenvolvido através da Engenharia do Conhecimento, com o apoio de especialistas sobre o domínio da aplicação. A engenharia de conhecimento é responsável pela extração e representação do conhecimento através da utilização de linguagens de IA (Luger & Stubbfield, 1993).

Os sistemas inteligentes apresentam características que os diferenciam de sistemas convencionais. A principal diferença entre um sistema baseado em conhecimento e um programa convencional reside na estrutura. Num programa convencional, o domínio do conhecimento está intimamente relacionado com o software através de procedimentos de controle da aplicação do conhecimento. Num sistema baseado em conhecimento, as duas tarefas estão explicitamente separadas. Existem dois módulos – o módulo do conhecimento, chamado base de conhecimento, e o módulo de controle chamado motor de inferência (Hop Good, 1993).

Segundo Waterman (1986), a base de conhecimento consiste em dados e regras (ou outros tipos de representação) que o utilizam como base para o processo decisório. A sua construção é a principal tarefa da Engenharia do Conhecimento. O motor de inferência representa a forma de manipular o conhecimento já representado na base, a fim de resolver o problema. Ele determina a ordem com que serão processadas as informações, manipulando os dados a fim de inferir novos fatos, chegar a conclusões ou recomendar ações. Waterman (1986) ainda destaca alguns pontos importantes dos sistemas baseados em conhecimento: a representação do conhecimento confere maior flexibilidade e maior consistência ao sistema ao invés da representação de dados; a

utilização de heurísticas busca encontrar melhor caminho para a obtenção de respostas ao invés de algoritmos. Quando são usadas heurísticas para guiar a solução de um problema num sistema especialista, isto chama-se busca heurística ou melhor caminho. Este tipo de busca é usada para evitar a temida explosão combinatorial. Entretanto, não se pode garantir que uma solução será encontrada, mas somente que a direção escolhida para solucionar o problema é a melhor. A busca heurística é valiosa nas aplicações que requerem soluções rápidas (Durkin, 1994); o processo de inferência muitas vezes permite que o sistema seja interativo e mais ágil do que os sistemas convencionais que utilizam processos repetitivos, o que torna a manipulação de uma base de conhecimento mais eficaz.

O principal objetivo da Engenharia do Conhecimento é guiar e administrar o projeto de um Sistema Especialista. Segundo Durkin (1984) isto é possível através de seis etapas desenvolvidas durante o projeto:

1. Avaliação do problema;
2. Aquisição do conhecimento;
3. Projeto do sistema;
4. Teste e avaliação;
5. Documentação;
6. Manutenção.

A aquisição e a representação do conhecimento são dois tópicos importantes para a Engenharia do Conhecimento e variam de acordo com as necessidades do sistema. Cabe ao engenheiro do conhecimento escolher a forma mais apropriada para resolver o problema do domínio em questão.

3.1.3. Aquisição do Conhecimento

A tarefa de aquisição de conhecimento refere-se à extração de conhecimento para um sistema computacional. A aquisição do conhecimento consiste na extração do

conhecimento especialista a ser transposto em um sistema computacional para torná-lo inteligente. As fontes para a aquisição deste conhecimento são provenientes de especialistas ou de bibliografias confiáveis. Segundo Limin Fu (1994), esta tarefa, executada pelos engenheiros de conhecimento, é considerada o gargalo da IA. Muitos pesquisadores da área têm concentrado esforços no desenvolvimento de técnicas cada vez mais apuradas de aquisição do conhecimento (Durkin, 1994).

Olson e Rueter (1987), propõem a classificação dos métodos de aquisição do conhecimento em dois tipos: diretos e indiretos. Os métodos diretos envolvem entrevistas e estudos de casos realizados com o especialista do domínio em que se quer construir o sistema. Os métodos indiretos determinam o conhecimento dos especialistas através de questionários. A técnica mais comum utilizada em SEs é a entrevista. Ela permite maior rapidez na captação e compreensão do problema. Desta forma, a seguir são descritos os tipos de entrevistas mais utilizados na aquisição de conhecimento: as estruturada e as não estruturadas.

3.1.3.1. Entrevistas não estruturadas

As entrevistas não estruturadas (*unstructured interviews*) são projetadas para permitir ao especialista que discuta o problema a ser resolvido de modo natural (Durkin, 1994). Assim é possível obter a compreensão dos conceitos mais importantes a respeito do domínio e conhecer as estratégias que o especialista utiliza para resolver o problema. As principais vantagens desse método são: fornecer uma compreensão geral do problema, auxiliar na identificação de conceitos e objetivos; fornecer condições para compreender os métodos para a resolução de problemas. A desvantagem das entrevistas não estruturadas é uma grande quantidade de informações fragmentadas ou superficiais, pobres em detalhes.

3.1.3.2. Entrevistas estruturadas

A entrevista estruturada mantém o foco do problema a ser resolvido de uma forma dirigida. Este tipo de entrevista adquire detalhes específicos a respeito de determinado aspecto do problema antes de passar para outros pontos (Durkin, 1994). A

entrevista estruturada pode ser utilizada quando é necessária uma informação específica a respeito de um tópico estabelecido. As vantagens deste método são: mantém o foco em um determinado assunto, fornece informações detalhadas e relações estruturadas entre os conceitos. As desvantagens encontradas são: alguns conceitos não relatados na entrevista podem não ser abordados; fornece uma compreensão fraca do conhecimento procedural, como regras ou estratégias para solucionar problemas.

As técnicas de entrevistas discutidas nesta seção são de natureza introspectiva. O especialista tenta responder às questões recorrendo a seus conceitos e compreensão sobre o problema. Estudos em psicologia demonstraram que a introspeção não é uma maneira eficaz de obter um conhecimento completo e confiável para a resolução de problemas.

3.1.3.3. Estudo de caso

Devido as limitações dos métodos de entrevista, os engenheiros de conhecimento tiveram que recorrer a outras técnicas que tornassem possível a aquisição de conhecimento. Uma alternativa às entrevistas são os estudos de caso. Um caso é um problema que foi solucionado no passado e que contém a solução e a descrição dos passos para obtê-la. Existem duas abordagens para sua utilização durante uma seção de aquisição de conhecimento: retrospectiva e observacional. Na abordagem retrospectiva o especialista é levado a rever um caso e a explicar como o problema foi nele resolvido. A técnica observacional pede aos especialistas para discutirem a solução de um caso enquanto o engenheiro observa o seu processo de resolução.

3.1.3.4. Estudo de caso retrospectivo

As vantagens do estudo de caso retrospectivo são: obter informações contextuais, fornece informações específicas sobre o problema, não interferir na atividade de resolução do problema; a memória recupera os destaques dos assuntos mais importantes. As desvantagens são: fornecer formações incompletas; fornecer poucos detalhes do problema e as explanações tendem a se tornar inconsistentes com o passar do tempo.

Muitos psicólogos cognitivos acreditam que o melhor caminho para descobrir como os especialistas utilizam a informação disponível para chegar a uma solução é assistindo ao seu trabalho na resolução de um problema real. O objetivo do método observacional é adquirir o conhecimento através da observação do comportamento do especialista durante a solução do problema. A abordagem observacional engloba dois tipos: os casos familiares e os casos não familiares.

3.1.3.5. Estudo de caso observacional familiar

A abordagem familiar para adquirir o conhecimento envolve a resolução de um problema típico, solucionado rotineiramente por especialistas. Quando soluciona um problema típico a abordagem empregada e o conhecimento utilizado podem ser típicos do domínio. Conceitos comuns, regras e estratégias para a solução do problema emergem durante a resolução de um estudo de caso familiar. As vantagens do estudo de caso familiar são: o especialista resolve um problema real; obtém informações no contexto da execução do exemplo; conceitos comuns, regras e estratégias emergem durante a resolução do estudo de caso familiar; fornece informações específicas. As desvantagens são: alguns detalhes importantes podem não ser abordados; as explicações podem ser inconsistentes.

3.1.3.6. Estudo de caso observacional não familiar

Uma das dificuldades mencionadas no emprego do estudo de caso familiar é a compilação do conhecimento para a resolução do problema. Quando o especialista se depara com uma situação não familiar, deve confiar mais no conhecimento básico para resolver o problema. Quando o especialista resolve problemas não familiares, a tendência é buscar um detalhamento mais profundo do conhecimento empregado. As vantagens do estudo de caso não familiar são: forçar o especialista a utilizar o conhecimento básico, que ajuda a evitar a compilação do conhecimento para a resolução do problema; obtém informações no contexto da execução da solução do problema; fornece informações específicas; fornece uma melhor compreensão das estratégias da resolução do problema.

A desvantagem apontada: a escolha de um bom estudo de caso não familiar pode ser difícil.

Durante o desenvolvimento de um sistema inteligente, é aconselhável que sejam utilizadas algumas técnicas de aquisição de conhecimento em conjunto (Durkin, 1994). Por exemplo, enquanto os especialistas resolvem um caso pode-se interromper o seu raciocínio e solicitar que alguns tópicos sejam mais aprofundados, através de um método introspectivo. O processo de aquisição de conhecimento é interativo e auxilia a Engenharia do Conhecimento a compreender melhor o problema abordado no sistema.

A aquisição de conhecimento nas áreas médicas tem sido muito estudada (Schmidt, Grl, 1997). Para entender o processo de aquisição do conhecimento nessas áreas, é importante conhecer a proposta de Schank e Abelson (1997). Eles consideram que o conhecimento geral sobre determinado assunto é armazenado na forma de *scripts*. Por exemplo, quando um médico reconhece um conjunto de sintomas em um paciente, imediatamente aparece um *script* em sua mente traçando estratégias para a determinação do diagnóstico e para a escolha do tratamento a ser empregado (Hinrich, 1998). Geralmente, a escolha do tratamento a ser empregado é baseada numa casuística. Este é o princípio básico do raciocínio clínico.

Como no raciocínio clínico, o processo de raciocínio para o diagnóstico e o tratamento em outras áreas da saúde – Nutrição, Odontologia, Educação Física, Fisioterapia etc. - baseia-se em estudo de casos passados, tentativa, erro e intuição (Mouradian, 1990). Por exemplo, na área da Nutrição Clínica muitos fatores devem ser considerados na prescrição de uma dieta. Os profissionais da Nutrição são constantemente desafiados a encontrar uma combinação perfeita entre o conhecimento geral sobre dietoterapia armazenado em sua mente e uma dieta que seja individualizada para o paciente que está sendo atendido naquele momento. Este processo de raciocínio baseia-se em fatores como: experiência do profissional e aprendizado; no emprego do raciocínio indutivo e dedutivo; interpretação das evidências nutricionais; intuição que é uma característica difícil de definir.

Outra forma de adquirir conhecimentos é através de referências bibliográficas. Contudo, construir uma base de conhecimentos para um sistema computacional apenas com literatura científica não é a forma mais indicada (Mouradian, 1990). Afinal, existem muitas pesquisas nas áreas médicas e, dentre estas, algumas podem não ser válidas. Além disso, as áreas médicas estão em constante evolução, tornando as publicações, principalmente em livros, obsoletas. Somente com a prática o profissional pode avaliar a credibilidade das informações contidas nas pesquisas.

Outro fator importante a ser considerado é a confiabilidade das informações fornecidas pelo paciente e por exames. Este é um problema crucial para a engenharia de conhecimento, pois essa avaliação é intuitiva e não sistemática, depende de cada caso, o que torna difícil a sua representação. A decisão, para os profissionais da área médica, reside em um impreciso conglomerado de informações provenientes de diferentes caminhos e processadas de forma intuitiva. (Moundian, 1990).

Pode-se observar que a aquisição do conhecimento mesmo com todas as suas técnicas de extração, ainda apresenta dificuldades em representar o raciocínio nas áreas médicas. O ideal, como propõe Durkin, é utilizar técnicas em conjunto, como por exemplo, estudos de casos e entrevistas para tentar solucionar os problemas relacionados à imprecisão das informações nas áreas médicas. A próxima seção trata sobre a representação do conhecimento, outro ponto crítico no desenvolvimento de sistemas inteligentes.

3.1.4. Representação do conhecimento

O conhecimento é o destaque dos sistemas de IA. A representação do conhecimento é o componente fundamental em sistemas inteligentes. Pelos mecanismos de representação, os formalismos de IA, o conhecimento é codificado através de objetos, atributos, objetivos, ações e é processado através de estruturas e procedimentos (Bench-Capon, 1990). Para representar o desempenho de especialistas humanos, o sistema deve possuir não só um conjunto de informações mas, também, a habilidade de utilizá-las na resolução de problemas de forma criativa, correta e eficaz. Esta habilidade representa uma série de palpites e regras intuitivas que o especialista utiliza para resolver os

problemas; sua aplicação possibilita, de uma maneira mais econômica, a chegada a soluções aceitáveis, embora nem sempre ótimas (Bench-Capon, 1990). Um sistema inteligente precisa conhecer o contexto do fato em estudo e reconhecer os processos que causariam mudanças nos fatos (Bench – Capon,1990). Para resolver problemas, em alguns casos, é recomendado conhecer tudo sobre o problema e quais as possíveis soluções que se pretende encontrar, juntamente com algumas estratégias para solucionar cada problema. O estudo da representação do conhecimento consiste nos caminhos que podem ser trilhados para codificá-lo em um programa computacional.

Existem muitas formas de representação do conhecimento através de formalismos computacionais, *scripts*, *frames*, redes semânticas, regras, grafos conceituais, representações formulário e os conceitos, objetos e fatos. Esses formalismos podem ser empregados para representar casos em sistemas de RBC e representar domínios em SEs (Weber, 1998). Nas próximas seções estes formalismos e conceitos são explicados brevemente.

3.1.4.1. Scripts

Os *scripts* são estruturas de informação que auxiliam a compreensão de situações do comportamento padronizado. Foram propostos por Schank e Abelson (1977) e inspiraram o estudo de sistemas de Raciocínio Baseado em Casos. Os *scripts* são úteis porque, no mundo real há padrões para a ocorrência de eventos. Contudo, o conceito de um *script* não é compartilhado por todos (Riesbeck & Schank, 1989) já que cada memória compreende um *script* sobre uma experiência a partir do próprio ponto de vista. Portanto a teoria dos *scripts* não é uma teoria completa. Os *scripts* contém o conhecimento normativo, mas não o conhecimento da experiência.

3.1.4.2. MOPs

Os Pacotes de Organização de Memórias (MOPs - *Memory Organization Packets*) representam um conceito desenvolvido por Schank (1982) para representar eventos padronizados. Os MOPs são uma evolução dos *scripts*. Os MOPs são organizados em estruturas que reúnem eventos similares através de abstrações e

hierarquias do tipo “todo-parte”. Quanto ao conteúdo, os MOPs são estruturas de conhecimento que representam experiências. MOPs representam eventos através de cenas que abrangem situações e são representadas por informações normativas e descritivas. As cenas são suposições associadas a situações de uma experiência e, consequentemente, estão sujeitas a mudar com a experiência (Schank, Kass & Riesbeck, 1994). Os MOPs diminuem a redundância e permitem a percepção das informações sob vários pontos de vista, traduzindo as expectativas dos diversos participantes de uma determinada situação.

Os MOPs são a entidade básica da Memória Dinâmica. A existência básica do modelo de Memória Dinâmica permite representar computacionalmente um modelo de organização de memória que compreende recordar, entender, experimentar e aprender.

3.1.4.3. Frames

Um *frame* é uma estrutura de dados que representa uma entidade através de suas características e potenciais habilidades. Suas características estão representadas por pares atributo-valor e as potencialidades são representadas por métodos. Um *frame* abstrato (ou *frame* de classe) não tem instâncias, por esta razão seus atributos não são valorados, suas subclasses são ligadas a instâncias da entidade representada por essa classe (Minsky 1975)

3.1.4.4. Redes Semânticas

As redes semânticas são grafos direcionados ligados por nós para representar objetos e conexões e a relação entre objetos (Quillian, 1968; Brachman, 1979; Dean, Allen & Aloimonos, 1995). A rede semântica é usada para representar elementos de uma representação tal como uma classe, suas instâncias e suas características. Seus arcos são direcionados e representam as relações entre os atributos. Quando um atributo não deve ser herdado, as redes semânticas necessitam de tratamento de exceção (Durkin, 1994).

3.1.4.5. Conceitos, Objetos e Fatos

Um *objeto* é uma entidade básica que pode ser instanciada. Um *conceito* descreve algo sobre o objeto. Um conceito pode ser representado por uma abstração de um objeto quando vários objetos podem ser agrupados sob o mesmo conceito. Ou ainda, um conceito pode ser um atributo, quando descreve algo exclusivamente sobre este objeto. Conforme o propósito de organização da análise como um todo não é necessário representar o conceito como uma abstração. Esta decisão está baseada na análise global do conhecimento, enfatizando o uso da representação. Quando um objeto está associado a um atributo valorado, isto é um *fato*. Um fato pode assumir valores verdadeiro ou falso (Durkin, 1994).

3.1.4.6. Regras

As regras são seqüências lógicas compostas por premissas (antecedentes) e conclusões (conseqüências). Ambos, premissas e conclusão, são fatos. O antecedente tem a intenção de verificar se o fato é verdadeiro ou falso. Quando o fato que compõe o antecedente é verdadeiro, a conclusão é disparada. O antecedente pode ser composto por vários fatos conectados através de operadores tais como E, OU e NÃO. As conclusões, geralmente, modificam ou assinalam valores aos atributos de um objeto, chamam métodos ou disparam outras regras (Waterman, 1986; Durkin, 1994).

3.1.4.8. Grafos Conceituais

Os grafos conceituais são uma variedade da rede semântica que herdaram a força de representar significados (Sowa, 1984). Uma definição completa é dada por Cyre (1997). "*Um grafo conceitual é um diagrama bipartido, finito, conectado, consistindo em um conjunto rotulado de nós de conceitos, um conjunto rotulado de nós de relações conceituais e um conjunto de (diretos) vínculos conceituais e nódulos de relação.*" Um grafo conceitual é um formalismo que inclui as características desejadas para modelar a semântica da linguagem natural. Eles têm sido usados para representar o significado na compreensão da linguagem natural (Luger & Stubblefields, 1993).

3.1.4.9. Representações Formulário

A representação formulário (*formlike*) é composta por um conjunto de campos com valores. Este formato é semelhante ao registro de banco de dados. Este formalismo é usado no sistema CBR para representar casos na estrutura organizacional plana (Kolodner, 1993). Através do formulário busca-se representar o conhecimento teórico do domínio e fatos da vida real nos sistemas inteligentes. O sistema desenvolvido na presente dissertação utiliza o formulário para representar o conhecimento do domínio.

A seleção dos formalismos de IA depende da natureza do raciocínio e do próprio conhecimento. Para conferir inteligência à máquina é preciso conhecer os processos cognitivos da mente humana com a finalidade de modelá-los. Uma maneira de iniciar os estudos é através da compreensão dos processos de raciocínio humano que descrevemos a seguir.

3.1.5. Formas de Representação do Raciocínio

O raciocínio é o encadeamento aparentemente lógico de juízos ou pensamentos. É algo tão comum e intuitivo que a maioria das pessoas não se preocupa em analisar como tal processo ocorre (Rabuske, 1995). Para simplificar a compreensão deste estudo, do ponto de vista computacional, identificou-se alguns tipos de raciocínio em: monotônico, não-monotônico, dedutivo, indutivo, abduativo, analógico, senso comum,

3.1.5.1 Raciocínio Não-Monotônico

O raciocínio sobre um problema, para muitas situações, se processa sobre informações estáticas. Durante o processo de resolução do problema, o estado (Verdadeiro ou Falso) dos fatos permanece constante. Este tipo de raciocínio é o monotônico. Os seres humanos tem a capacidade de manter o caminho quando as informações mudam. Se alguma coisa muda, é possível se ajustar a outros eventos independentes. Este estilo de raciocínio é conhecido como raciocínio não-monotônico (Durkin, 1994).

3.1.5.2. Raciocínio Dedutivo

O raciocínio dedutivo utiliza fatos (axiomas) para deduzir novas informações. O processo inicia-se comparando o axioma com uma certa implicação para concluir novos axiomas (Durkin, 1994). A regra de inferência *modus ponens* é a forma básica de raciocínio dedutivo:

SE A é verdadeiro E A implica em B, ENTÃO B é verdadeiro.

3.1.5.4. Raciocínio Indutivo

Os seres humanos utilizam o raciocínio indutivo para alcançar uma conclusão geral de fatos limitados através de um processo de generalização. Através do raciocínio indutivo, é formada uma generalização que se acredita que possa ser aplicada a todos os casos de um certo tipo, em bases de números limitados de casos (Durkin, 1994).

3.1.5.4. Raciocínio Abduativo

A dedução é exata no sentido que inferências retiradas de fatos estabelecidos e implicações válidas são logicamente corretas. Abdução é uma forma de dedução que permite inferências plausíveis. Neste caso, “plausível” significa que a conclusão pode surgir de informações disponíveis, apesar de não se ter certeza da veracidade dessa conclusão (Durkin, 1994).

SE B é verdadeiro E SE A implica em B é verdadeiro, ENTÃO A é verdadeiro?

3.1.5.6. Raciocínio Analógico

O raciocínio por analogia é o processo de generalização fundado em semelhança de relação apresentada por elementos de totalidades diferentes. Consiste em passar de uma ou mais propriedades já observadas em um dos elementos à atribuição das mesmas propriedades a outros elementos de outra totalidade no qual ainda não tenham sido observadas (Ferreira, 1995).

É a atribuição de uma qualidade a um objeto pela presença desta qualidade em outro objeto que, como o primeiro, já apresenta qualidades comuns. Este tipo de

raciocínio utiliza o modelo mental de alguns conceitos através de experiências. É possível usá-lo para obter a compreensão de um novo objeto ao aprimorar este conhecimento pela descoberta de qualquer diferença específica (Durkin, 1994). É o tipo de raciocínio aplicado em sistemas de RBC.

3.1.5.7. Raciocínio de Senso Comum

Os seres humanos aprendem a resolver problemas de forma eficiente através da experiência. O senso comum é utilizado para encontrar uma solução rapidamente. Este tipo de raciocínio confia mais num bom julgamento do que na lógica exata.

Quando são usadas heurísticas para guiar a solução de um problema num sistema especialista, isto é chamado procura heurística ou melhor procura. Este tipo de busca é usada para evitar a temida explosão combinatorial. Entretanto, não se pode garantir que uma solução será encontrada, mas somente que a direção escolhida para solucionar o problema é a melhor. A procura heurística é valiosa nas aplicações que requerem soluções rápidas (Durkin, 1994).

Na próxima seção é apresentada a técnica de IA denominada Sistemas Especialistas, que busca resolver questões em domínios restritos transpondo para a máquina o conhecimento explícito de especialistas.

3.1.6. Sistemas Especialistas

O Sistema Especialista (SE) é uma técnica de Inteligência Artificial desenvolvida para resolver problemas em um determinado domínio cujo conhecimento utilizado é obtido de pessoas que são especialistas naquele domínio (Feigenbaum, 1977). Contudo, existem casos onde o especialista humano não é disponível ou é inexistente; então pode-se compilar o conhecimento teórico. O SE é projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. É capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano (Cunha, 1998).

Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto, um especialista o faz a partir de fatos que encontra e de hipóteses que formula, buscando em sua memória um conhecimento prévio, sobre estes fatos e hipóteses, armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional. Um Sistema Especialista deve, além de inferir conclusões, ter capacidade de aprender novos conhecimentos e, deste modo, melhorar o seu desempenho de raciocínio, e a qualidade de suas decisões (Waterman 1986, Durkin, 1993, Hop Good, 1996).

talvez sobre a maneira presente no conhecimento
O âmago de um SE é o conhecimento sobre um domínio específico acumulado durante a construção do sistema. O conhecimento é explícito e organizado de forma a simplificar a tomada de decisões (Cunha, 1998). O SE pode explicar em detalhes como uma nova situação conduz a mudanças. Ele permite ao usuário avaliar o efeito de novos fatos ou dados e entender o relacionamento deles com a solução; avaliar os efeitos de novas estratégias ou procedimentos aplicados à solução.

Os SEs foram desenvolvidos para executar diversas tarefas em diferentes domínios. Na tabela 3 estão representados os tipos de Sistemas Especialistas segundo as tarefas desenvolvidas e principais áreas de aplicação.

Tabela 3: Os tipos de sistema especialista segundo a tarefa e a aplicação

TAREFA	APLICAÇÃO
Diagnóstico	Deduz possíveis problemas a partir de observações ou sintomas: diagnósticos médicos, mecânicos.
Interpretação	Descreve a partir de observações: compreensão de fala, análise de imagens.
Predição	Deduz consequências a partir de situações: predição de tempo, de clima, de tráfego.
Projeto	Desenvolve configurações de objetos que satisfazem determinados requisitos ou restrições: projeto de circuitos digitais, projetos arquitetônicos.
Planejamento	Desenvolvem planos, cursos de ação: movimento de robôs, estratégia militar ou comercial.
Observação	Comparam observações de comportamento de sistemas, com características consideradas necessárias para alcançar objetivos: observação de rede de distribuição elétrica, controle de tráfego aéreo.
<i>Debugging</i>	Prescreve correções para defeitos: ex.: <i>debugging</i> de programas.
Instrução	Diagnostica e ajusta o desempenho de estudantes: toda a área de "computer-aided instruction".
Controle	Comanda de forma adaptativa o comportamento de um sistema: robôs, gerência de produção.
Manutenção	Desenvolvem e aplicam plano para consertar problema diagnosticado: manutenção de redes de comunicação, manutenção de sistemas de Computação.

Dentre estas tarefas, algumas foram utilizadas, no domínio da Nutrição, para criar sistemas capazes de auxiliar os especialistas do domínio a planejar cardápios. A seguir é demonstrado um pequeno histórico sobre sistemas computacionais que executam esta tarefa.

3.1.9. O uso de técnicas computacionais no planejamento de dietas e cardápios: um breve histórico

O planejamento de cardápios auxiliado por sistemas computacionais tem sido tema para pesquisas desde a década de 60. Uma das primeiras tentativas para equacionar o problema da elaboração de cardápios nutritivos e que satisfaçam ao usuário quanto à variedade de alimentos, sabor e custo foi o trabalho inicial de Balintfy, (1964). Ele tentou resolver o problema do planejamento dietético através de programação matemática linear, incorporando o conceito de palatabilidade a seu sistema. Contudo, deparou-se com outro problema: combinar os itens do cardápio para que satisfaçam às especificações nutricionais, estruturais e necessidades variadas ao longo de muitos dias, sem torná-los monótonos. A condição ótima pode ser atingida pelo custo ou maximização da satisfação do cliente ou por ambos. Balintfy tentou controlar tanto características estéticas como cor, pela definição de novas restrições. Apesar das melhorias, o problema dietético estava longe de ser resolvido, segundo a opinião de especialistas que foram consultados a respeito do sistema.

Eckstein (1967) desenvolveu um sistema computacional para simular o processo de escolha de alimentos na elaboração de cardápios, usando o método matemático de abordagem aleatória. Para tanto, considerou diversos fatores interrelacionados, como alimento cru, custo, cor, textura, forma, sabor, aroma, calorias e outras variáveis. Usando um padrão de refeição, ela compôs cada cardápio com carne, amido, verduras, saladas, sobremesas, pão e bebidas. Em cada categoria, um item alimentar foi selecionado aleatoriamente e avaliado com as respectivas restrições. Os critérios de avaliação propostos foram: o custo, cor, textura, forma, calorias, variedade e aceitabilidade. O programa interagiu até que cada item atendesse aos critérios estabelecidos. Eckstein foi otimista sobre os achados do planejador de cardápios por computador. Contudo, algumas limitações ainda foram encontradas:

- Cada refeição criada apresentava o mesmo padrão;
- Não foi efetuado um amplo estudo sobre as interações entre os alimentos.

Uma extensão do sistema desenvolvido por Eckstein foi retratada recentemente por Elazari *et al.*, (1985). Foi projetado um sistema planejador de cardápios para um asilo para doentes mentais. Cada cardápio diário constava de café da manhã, almoço, jantar e três lanches. Cada refeição tinha a sua própria estrutura. Por exemplo, o almoço era sempre constituído de uma sopa, um alimento protéico, um alimento fonte de carboidratos, verduras cozidas, cruas ou em conserva, sobremesa e pão. Os cardápios completos foram avaliados com respeito a critérios nutricionais e foram aceitos ou rejeitados. O programa é capaz de gerar novos cardápios para repor os que foram rejeitados.

Assim como estes, muitos outros sistemas foram desenvolvidos para planejar cardápios:

- Bassham E Fletcher (1988) descreveram o uso de um programa interativo baseado em regras chamado Microdiet utilizado em um hospital da Grã-Bretanha, para o apoio à elaboração de cardápios para dietas especiais;
- Yang (1989) construiu o ESOMP para planejar cardápios sonoros para pacientes surdos com dietas de severa restrição de proteínas utilizando IA.;
- Galotra (1991) *et al.* desenvolveram na Índia um sistema especialista em Prolog para cardápios terapêuticos. Eles usaram métodos de Pesquisa Operacional para combinar as necessidades nutricionais de alimentos específicos, regras heurísticas e encadeamento para abranger todos os alimentos do cardápio;
- Ganeshan e Farmer (1995) construíram, para uma empresa de alimentação na Austrália, um sistema especialista para distribuir refeições.
- Horn, Popow, Miksh E Seyfang (1998), pesquisadores da Universidade de Viena, desenvolveram o VIE-PNN, que prescreve dietas parenterais para recém-nascidos através de regras. Este sistema possui uma arquitetura em HTML para possibilitar a conexão entre os médicos;
- Lima, Maranhão, Reis e Vicari da Universidade Federal do rio Grande do Sul, desenvolveram o Cooker, um sistema especialista consultor para elaboração de cardápios e refeições.

Como pode-se observar, todos estes sistemas são capazes de auxiliar especialistas em Nutrição na elaboração de cardápios. Mas todos apresentam a limitação de necessitarem de um diagnóstico prévio, feito por especialistas, para a sua execução. A seguir é apresentada a seção de RBC que explica, com maiores detalhes, a metodologia que norteou o desenvolvimento do sistema proposto na presente dissertação.

3.1.9. Conclusão de IA

A Inteligência Artificial é o ramo da ciência da Computação que pesquisa a criação de sistemas inteligentes. A IA possui duas abordagens: uma científica, voltada ao estudo da psicologia cognitiva, para compreender os processos envolvidos na inteligência, e outra tecnológica, que lida com a representação destes processos através da máquina.

A Engenharia do Conhecimento é responsável pela extração e representação do conhecimento através da utilização de linguagens de IA. O seu principal objetivo, guiar e administrar o projeto de sistemas inteligentes, ampliou-se para outras técnicas de IA e não é mais exclusividade de Sistemas Especialistas. Os tópicos principais abordados na Engenharia de Conhecimento são a aquisição do conhecimento e a sua representação. Cabe ao engenheiro do conhecimento escolher a forma mais apropriada de aquisição e de representação para resolver o problema do domínio em questão.

O uso de técnicas computacionais no planejamento de dietas e cardápios tem sido pesquisado desde a década de 60. Uma das primeiras tentativas para equacionar o problema da elaboração de cardápios equilibrados e adequados do ponto de vista nutricional, que satisfaçam o usuário quanto à variedade de alimentos, sabor e custo foi o trabalho inicial de Balintfy, (1964). Ele tentou resolver o problema do planejamento dietético através de programação matemática linear, incorporando o conceito de palatabilidade a seu sistema. Contudo, este e outros sistemas baseados em programação matemática mostraram-se limitados quanto às exigências dos usuários. Os especialistas

em Nutrição consideraram que estes sistemas não conseguiam resolver o dilema da elaboração de cardápios: planejar cardápios considerando aspectos nutricionais, estéticos e econômicos, sem torná-los monótonos com o passar do tempo.

Com a evolução dos sistemas inteligentes, os pesquisadores buscaram alternativas para resolver estes problemas. Conseguiram, através de Sistemas Especialistas Baseados em Regras, resolver grande partes deles. Mas ainda não conseguiram atender às exigências dos especialistas no que diz respeito às necessidades nutricionais. Isto se deve à grande quantidade de conhecimento necessário à construção de Sistemas Baseados em Regras para representar as tarefas de diagnóstico nutricional e elaboração de dietas num único sistema.

Devido à reduzida necessidade de conhecimento o modelo de RBC, surge como uma alternativa poderosa na construção de sistemas inteligentes para propiciar a realização de uma prescrição dietética baseada no diagnóstico obtido no próprio sistema. O paradigma de RBC é demonstrado com mais detalhes na seção à seguir.

3.2. O RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS

Solucionar novos problemas pela adaptação de soluções que foram utilizadas em problemas similares é a filosofia básica da metodologia de RBC (Hammond, 1989). A inspiração do modelo de RBC veio das pesquisas de Schank e Abelson (1977) sobre o armazenamento do conhecimento geral na mente humana através de *scripts* (*vide seção 3.1.4.1. Scripts*). Segundo Schank, os *scripts* ficam armazenados na memória e todas as vezes que um evento ocorre, o *script* referente a um evento similar é acessado. Os sistemas de RBC representam o ato humano de lembrar um episódio passado quando se deparam com uma situação similar, simulando assim o raciocínio analógico

O Raciocínio Baseado em Casos é uma ferramenta de IA que utiliza o conhecimento de experiências para resolver problemas atuais (Kolodner, 1993; Leake, 1996; Weber, 1997). O que torna a técnica de Raciocínio Baseado em Casos diferente de outras técnicas de IA é a sua capacidade de utilizar o conhecimento adquirido em uma

experiência para resolver problemas manifestados em outra experiência semelhante. Os sistemas de RBC retêm cada nova solução, tornando-a disponível para a resolução de futuros problemas. Duas hipóteses apoiam o emprego deste raciocínio: a de que problemas similares têm soluções similares e a de que os problemas tendem a se repetir (Leake, 1996). A facilidade de implementação do RBC e a sua adaptabilidade a um grande número de domínios de conhecimento têm sido demonstradas através de aplicações científicas e comerciais (Plaza e Aamodt, 1994).

Os sistemas de RBC representam o ato humano de comparar problemas e suas soluções com lembranças de experiências assemelhadas. A forma de representação computacional do conteúdo e do contexto de uma experiência é o que chamamos de caso. A comparação entre os casos é efetuada pela avaliação de similaridade entre um novo caso e um já contido na base de casos. A avaliação de similaridade entre os casos é guiada através de índices, que são características importantes definidas nos casos. Os casos mais similares são então recuperados. A fase de revisão escolhe o caso mais parecido para finalizar o raciocínio (Kolodner 1993, Weber, 1998). O raciocínio desenvolvido no sistema sobre qualquer domínio é uma tarefa interativa, realizada através do ciclo de RBC, como sugerido por Aamodt e Plaza (1994).

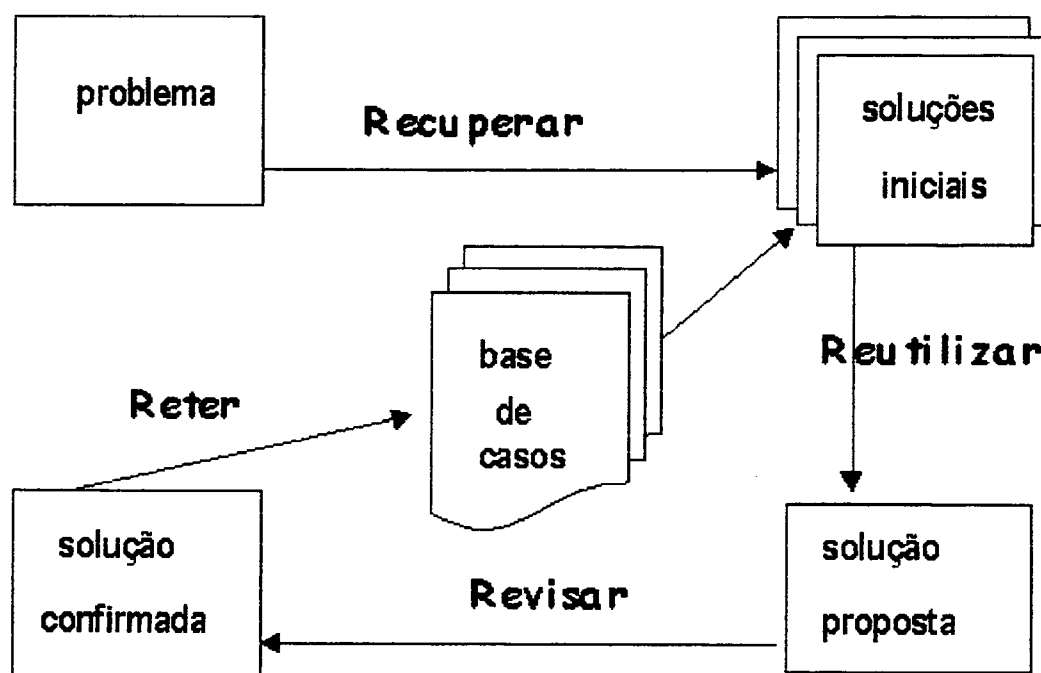


Figura 2: O ciclo do RBC

O ciclo de RBC, consiste em quatro etapas de desenvolvimento:

- Recuperação: o processo de selecionar um ou mais casos da base de casos através da comparação de um novo caso com um dos casos da base de casos;
- Reutilização: o conteúdo de um caso da base é usado para solucionar um novo caso;
- Revisão: o efeito da solução proposta é valorizado e agregado à base de casos;
- Retenção: a soma de uma nova experiência.

O sistema proposto nesta dissertação seguiu estas etapas para o seu desenvolvimento. Na próxima seção são descritas as etapas consideradas relevantes para a construção do sistema proposto.

3.2.1. O desenvolvimento de Sistemas de RBC

3.2.1.1. Recuperação

A etapa de recuperação consiste em realizar uma busca na memória de casos. Inicia com uma descrição do problema e termina quando o melhor caso é encontrado. A busca por casos é feita através de algoritmos que selecionam os casos de acordo com a similaridade dos casos da base para com o problema de entrada. Desta busca, resulta a sugestão de um caso a ser reutilizado. Entre os casos da base, um ou conjunto de casos pode ser selecionado para compor a sugestão de solução do problema de entrada. As tarefas envolvidas na etapa de recuperação de casos são:

- Avaliação de similaridade;
- Indexação;
- Seleção .

Os casos que combinam com todas as características de entrada são os melhores casos candidatos, mas, dependendo da estratégia, casos que apresentem combinação apenas com uma parte do problema também podem ser recuperados. A pesquisa em RBC tem focado os algoritmos de busca, procurando minimizar o tempo de busca e recuperação. A procura por uma similaridade total entre os casos é muito dispendiosa; em alguns casos procura-se uma combinação parcial entre os casos candidatos ou

restringe-se a busca em uma determinada categoria de casos. Desta foram os algoritmos de busca são dirigidos a fazer um primeiro corte para distinguir quais os casos candidatos mais relevantes para uma determinada solução (Kolodner, 1993).

3.2.1.2. Avaliação de Similaridade

O grau de similaridade é fundamental para a busca, pois a recuperação é feita através da similaridade entre os casos. O conceito de similaridade é genérico e profundamente influenciado pelo conhecimento especialista do domínio. Em RBC, existem quatro espécies de similaridade:

- Similaridade semântica: é o tipo mais simples de similaridade, pois não considera fatores contextuais, se referindo aos atributos que são sintaticamente idênticos em duas situações;
- Similaridade estrutural: é mais complexa que a anterior. Os casos devem estar ligados por meio de estruturas isomórficas. O isomorfismo depende da consistência da ligação de proposições, predicados ou argumentos. Por exemplo, dois casos são similares se as suas estruturas de relações e argumentos forem semelhantes;
- Similaridade organizacional: é imposta aos casos armazenados em localizações próximas na memória de casos;
- Similaridade pragmática: duas partes são pragmaticamente similares se ocuparem papéis similares em suas respectivas situações.

A avaliação de similaridade ocorre após a identificação das características do problema de entrada. Com isso, os índices do caso de entrada são comparados aos índices de cada caso candidato da base, gerando uma medida de similaridade para cada caso da base.

A similaridade é o ponto crucial do RBC, pois é a partir dela que todo o processo de raciocínio se fundamenta, tornando esta técnica viável (Kolodner, 1993). A similaridade do caso a ser solucionado (caso de entrada) é avaliada com relação aos casos candidatos. O que faz um caso ser ou não similar é a semelhança das

características ou atributos que realmente representam o conteúdo e o contexto da experiência em questão.

O conhecimento do especialista é necessário na avaliação de similaridade, pois avalia a similaridade entre dois casos. Após a determinação da similaridade, deve-se fazer uma segunda etapa de aquisição de conhecimento com o especialista, para a definição dos pesos. Desta forma, o especialista determina quais são os índices mais importantes. Neste momento deve-se utilizar algumas técnicas de aquisição do conhecimento, para tentar apurar o peso ideal para cada atributo afim de que todos os aspectos que envolvam a recuperação estejam representados da forma que o especialista deseja. Uma das maneiras de adquirir o conhecimento com o objetivo de determinar o peso dos índices é solicitar ao especialista que faça uma lista dos atributos em ordem de importância (Weber, 1996). A medida de similaridade é o valor numérico resultante do uso da métrica. A métrica é uma função numérica que calcula sinteticamente os valores de similaridade individuais, combinadas as suas importâncias, resultando numa medida. Esta medida serve de referência para ordenar os casos mais similares (Weber, 1996).

3.2.1.3. Indexação

Em sistemas que utilizam o modelo de RBC, a função da indexação é permitir conexões relevantes entre um problema atual e o conhecimento armazenado na memória (Oxman, 1992). Não podemos discutir recuperação e similaridade sem considerar a indexação, que é um processo complexo no desenvolvimento de sistemas de RBC. A indexação é a essência do raciocínio na base de casos, pois guia a determinação da similaridade. A resposta para a questão: *"o que faz um caso similar a outro?"* é o conjunto de índices que representam características relevantes dos casos (Kolodner, 1993). Os indexadores determinam qual atributo deve ser comparado entre os casos. A comparação permite a recuperação de casos semelhantes que contribuam para uma solução. De acordo com Kolodner, (1993), os índices devem ser:

- Previsíveis;
- Abstratos o suficiente para permitirem uma generalização;
- Concretos para serem facilmente reconhecidos;

- Úteis: um índice útil tem como propósito poder ser também relacionado com a solução do caso de entrada, a alguma falha ou a um resultado.

O conhecimento do especialista é condição *sine qua non* para o sucesso de um vocabulário de índices, pois é nele que está representado o conhecimento do especialista no momento da escolha dos índices. A tarefa da Engenharia do Conhecimento no processo de indexação é antecipar como o usuário encara um problema e porque gostaria de recuperar algo. O processo de indexação é uma oportunidade de aprimorar experiências pouco descritas e torná-las valiosas e úteis para o sistema. Esta meta é transposta pela interpretação correta da experiência do ponto de vista do especialista. Ele permite a identificação do sentido intrínseco e a correlação de objetos ativos desta experiência. Uma maneira de alcançar estas relações é representar a correspondência entre causas e efeitos. Em alguns casos, é necessária a utilização de um indexador automático. A indexação automática pode ser usada num sistema através de métodos de aprendizagem que automaticamente adicionam casos adaptados à base.

3.2.1.4. Adaptação

A reutilização é caracterizada pela adaptação da solução armazenada num caso recuperado, conforme a necessidade do caso de entrada. A reutilização da solução de casos recuperados se concentra em dois aspectos:

- a diferença entre o caso passado e o atual;
- que parte do caso recuperado pode ser transferida para o novo caso.

Em sistemas cuja tarefa é a classificação a solução do caso recuperado é transferida para o caso atual. Porém, em alguns sistemas as diferenças devem ser consideradas, uma vez que a ligação entre dois casos não é perfeita, a reutilização se faz por um processo de adaptação.

A etapa de revisão confirma a seleção do caso escolhido e avalia suas diferenças com o problema de entrada, orientando a adaptação. O próximo passo é comparar o caso selecionado ao problema de entrada para verificar se há a necessidade de adaptar a

solução contida no caso. A adaptação tem a função de alterar um caso, para solucionar o problema de entrada, quando for necessário.

A adaptação representa o grande gargalo nos sistemas de RBC (Leake, 1993). Pelo fato de nenhum problema passado ser exatamente igual a um problema atual, soluções passadas geralmente necessitam ser adaptadas para solucionar novos problemas (Kolodner 1993). A adaptação pode ser uma simples substituição de um atributo da solução por outro ou uma complexa modificação na estrutura da solução.

A adaptação pode ser feita através da (Watson, 1997):

- Inclusão de um novo comportamento à solução recuperada;
- Eliminação de um comportamento da solução recuperada;
- Substituição de parte de um comportamento.

Contudo, a adaptação não é considerada essencial para todos os sistemas de RBC. (Watson, 1997). Muitos sistemas comerciais de RBC não necessitam de adaptação. Eles simplesmente disponibilizam a solução para o usuário, deixando-o livre para proceder a adaptação. Isto ocorre devido a grande complexidade exigida para a implementação da adaptação. Watson, (1997) aconselha evitar a adaptação, a menos que se utilize parâmetros bem definidos para a sua realização, pois *“a adaptação é o calcanhar de Aquiles nos sistemas de RBC.”*

O usuário deve ser considerado quando se pensa em adaptação. Dependendo do público a que se destina o sistema, é possível perguntar ao usuário se ele deseja que o sistema faça adaptação. Caso a resposta seja afirmativa, a adaptação deve ser feita de modo que o usuário possa interagir com as modificações, decidindo por sua aplicação total, parcial ou ainda descartando-as.

A adaptação pode ser empregada com uma avaliação do especialista, como é proposto por Porter e Bareiss no sistema PROTOS. O sistema sempre pergunta ao especialista se a solução encontrada é satisfatória ou não. Caso a resposta seja negativa o sistema efetua uma nova busca na base de casos tentando adaptar a solução proposta (Bareiss e Slator, 1991). A adaptação é uma importante etapa nos sistemas de RBC. Ela

é possível através de várias técnicas e deve ser efetuada com a supervisão do especialista. Contudo, nem sempre é um procedimento desejado no sistema, pois necessita de grande quantidade de conhecimento.

No presente sistema, a adaptação será feita apenas durante a fase de aquisição dos casos, com a supervisão de especialistas em Nutrição. A adaptação será feita através de atributos, que podem ser adaptáveis ou não. A definição da adaptabilidade dos atributos é definida pelo especialista.

Os atributos que não podem ser adaptados são aqueles responsáveis pelo diagnóstico de risco nutricional e estão contidos nos protótipos. Esses atributos representam o conhecimento geral do especialista. Por exemplo, o atributo mais importante nos protótipos é o índice IMC, pois determina em que categoria de risco nutricional o indivíduo pode ser inserido.

Os atributos adaptáveis orientam a recuperação dos casos. Eles são responsáveis pela individualização da dieta, pois representam as características individuais de cada caso. Após o preenchimento da base de casos esses atributos passarão a ser índices.

3.2.1.5. Retenção

Nesta etapa o sistema incorpora ao caso tudo o que for útil na resolução do problema. O aprendizado do sucesso ou das falhas da solução proposta é efetuado depois da avaliação e possíveis reparos. A retenção envolve selecionar qual informação é relevante, a forma de retê-la, como organizar o caso para posterior utilização e ainda como integrar o novo caso na estrutura da memória.

Os casos conduzem um sistema de RBC a tomar decisões e a aprender de três formas:

- Generalização e especialização;
- Pesquisa dirigida;
- Avaliação corporativa.

A tomada de decisões é o resultado de processar e pesquisar em uma estrutura de conhecimento. O raciocínio é feito através de algoritmos que guiam o sistema ao

encontro de soluções para o novo caso e modificam as estruturas de conhecimento existentes.

A generalização é uma regra aplicada dedutivamente para resolver ou classificar novos problemas e identificar partes importantes de um problema. Desta maneira, um caso é um elemento que serve para inferir ou derivar uma generalização. Uma generalização pode ser imposta ou pode ser derivada de uma explicação.

Os casos passados podem servir como meio de avaliação. Um problema comum pode ser avaliado por comparação de suas características com casos passados. Esta é a aprendizagem por indução. Os sistemas de RBC envolvem pelo menos alguma combinação dos três métodos.

3.2.2. Conhecimento Especialista em RBC

O RBC, como uma técnica de IA, adquire o conhecimento do especialista para efetuar uma tarefa no seu domínio, através do engenheiro do conhecimento. O modo de representação dos casos é uma questão de demanda do domínio do conhecimento do especialista. A organização dos casos na base de casos também depende do conhecimento sobre o domínio. A definição das medidas de similaridade tem origem na identificação do que faz um caso ser similar a outro e depende unicamente do domínio. Assim, segundo Weber (1998), o especialista é necessário para representar o conhecimento em vários passos do desenvolvimento de um sistema de RBC:

- na representação dos casos: somente um especialista será capaz de avaliar a relevância e a viabilidade da sugestão de uma solução em um caso similar;
- na organização dos casos na memória;
- em como efetuar a procura por casos similares na memória de casos;
- em identificar o que faz um caso ser parecido com outro;
- em apresentar resultados para o usuário.

Os sistemas baseados em RBC lidam com o conhecimento de formas diferentes. O conhecimento do especialista varia conforme cada aplicação, e sua representação dependerá do objetivo que se pretende atingir com a construção do sistema. A função do raciocínio analógico em relembrar episódios passados fornece ao sistema RBC a habilidade para resolver diferentes tipo de problemas. Watson (1997) enumera as seguintes tarefas de aplicações do RBC: diagnóstico, determinação, controle do processo, previsão, planejamento, projeto e configuração.

Uma das vantagens dos sistemas de RBC é a necessidade reduzida de aquisição de conhecimentos (Watson, 1997). É possível representar uma consulta nutricional, com diagnóstico e conduta através de casos. Em Sistemas Baseados em Regras, a aquisição de conhecimento é muito mais difícil, pois a representação do conhecimento no sistema através de regras nem sempre representa a realidade. A manutenção das bases de regras é mais complexa devido a forte dependência entre as regras; por isso, os efeitos de alterações nas regras são difíceis de prever.

O que se pretende, com a utilização do RBC é facilitar a manutenção e atualização da base de casos, pois o domínio da Nutrição está em constante evolução. A manutenção de uma base de casos é mais fácil, pois os casos são independentes, ou seja, casos novos e relevantes podem ser adquiridos e casos repetidos ou obsoletos podem ser descartados. O conhecimento é representado através dos casos, o que torna fácil a sua compreensão, por retratar as experiências descritas por especialistas.

3.2.3. Casos e base de casos

As entidades mais importantes envolvidas no processo de raciocínio e de armazenamento de conhecimento de um sistema de RBC são os casos e a base de casos. O caso representa uma experiência ou a interpretação de uma experiência. A base de casos consiste num conjunto de casos e o procedimento de acesso a estes casos (Kolodner, 1993).

O termo *engenharia dos casos* refere-se aos esforços empregados pelo engenheiro do conhecimento na construção dos casos. De acordo com Leake (1996), é o esforço para delimitar o conteúdo do caso, definindo a representação do caso e a

extração de toda a informação nele contida. O conteúdo e o contexto da experiência do domínio de conhecimento são representados através dos casos. Os casos no sistema em questão são pedaços do conhecimento nutricional (consulta nutricional). O caso representa uma consulta feita por um nutricionista. A questão de representação dos casos abrange também a escolha do modelo computacional a ser usado. Em princípio, todos os modelos de IA podem ser utilizados. A escolha destes modelos e as formas de recuperação dependem do tipo de problema e de como se pretende adquirir o conhecimento. A escolha do tipo de memória a ser utilizada também depende da tarefa e do domínio estudado. A seguir será apresentada a construção da memória em sistemas de RBC.

3.2.5. Construção da Memória

A base de casos consiste no conjunto de casos que representam o conhecimento em um sistema de RBC. A memória do sistema compreende a base de casos e os mecanismos de acesso dessa base a outros módulos da arquitetura do sistema (Kolodner, 1993). Apesar de ser um dos primeiros modelos de representação de conhecimento de IA, o modelo de memória com o uso de redes semânticas não é capaz de representar o conhecimento em sua totalidade (Slade, 1991). Como consequência dos esforços dos psicólogos também interessados na busca de um modelo de representação, Tulvig (1983) apresentou o modelo de memória episódica. No intuito de encontrar um paradigma capaz de representar o conhecimento, os pesquisadores de IA continuavam sua busca, com os melhores resultados alcançados pela equipe de Roger Schank (1982) em Yale. Suas pesquisas desencadearam o desenvolvimento do modelo de memória conceitual (Schank, 1982) dos *scripts* e, posteriormente, dos "MOPs", pacotes de organização de memória, e do modelo de Memória Dinâmica (Schank, 1982).

Os modelos de construção de memória dependem do objetivo do sistema. Um tipo de memória utilizado na tarefas de classificação e diagnóstico é a Memória Prototípica, proposta por Bareiss e Slator (1986), que descrevemos na próxima seção.

3.2.6. A Memória Prototípica

Segundo Kolodner (1993), a classificação é um processo que determina a categoria em que algum objeto pode ser inserido. Por essa definição, a tarefa de diagnóstico pode ser vista como uma tarefa de classificação, de uma doença ou distúrbio, segundo um conjunto de sintomas. Kolodner (1993) propõe o termo classificação baseada em exemplares para descrever a classificação realizada através do encontro do exemplar mais similar ao caso de entrada, apontando a classificação do caso de entrada. O processo de sistemas baseados em casos é bastante eficiente na tarefa de classificação (Kolodner, 1993; Schmidt e Gird, 1997). Um sistema que representa bem essa tarefa é o PROTOS, desenvolvido por Bareiss e Slator (1981).

O sistema PROTOS realiza a tarefa de diagnóstico em distúrbios auditivos. A entrada do sistema são a descrição dos sintomas e os resultados de testes. Através desses dados ele identifica o tipo de distúrbio apresentado pelo paciente. Inicia pela utilização de indícios superficiais do caso de entrada, para traçar uma hipótese diagnóstica inicial. Ele tenta verificar a hipótese pelo encontro de um exemplar (protótipo) de uma categoria que combine adequadamente com o caso de entrada. Para fazer isso, ele escolhe um protótipo da categoria, inicia o processo e tenta classificar o caso de entrada. Se o caso de entrada e o protótipo escolhido combinarem perfeitamente, ele considera o processo encerrado. Se não, inicia o ciclo de *debug*. Utilizando os resultados da combinação, escolhe um protótipo alternativo que pode apresentar uma melhor combinação com o caso de entrada.

O que torna a tarefa de classificação complexa é a descrição dos sintomas necessários à classificação. Geralmente, a descrição abrange uma longa lista de características, mas o sistema necessita de apenas alguns termos funcionais. O PROTOS lida com o problema da classificação pela determinação de uma primeira hipótese baseada em indícios. Utiliza o processo de combinação baseado em conhecimento (*knowledge-based matching*) que avalia a similaridade funcional para verificar as hipóteses e guiar a formação de hipóteses subsequentes. As primeiras hipóteses são

baseadas em descrições superficiais de sintomas. O conhecimento obtido no processo de combinação pode ser usado para guiar formulações posteriores de hipótese se a indexação dos casos na memória permitir. A hipótese traçada inicialmente pode ser considerada como um alicerce para a continuação do processo de classificação. O sucesso do método de classificação empregado no PROTOS depende de três fatores:

- Funções de combinação baseada em conhecimento (*knowledge-based matching*) que avaliam a similaridade baseadas em correspondências funcionais, causais e correlacionais
- Ligações semânticas ricas entre protótipos em sua base de casos, baseada em características superficiais e características derivadas do processo de combinação.
- O processo de aquisição de conhecimento orientado por falhas, integrado com o processo de classificação, que atualiza o conhecimento funcional usado pelas funções de combinação e junções entre os casos.

Portanto, o processo de classificação do PROTOS depende das ligações entre descritores, categorias e casos. A memória do PROTOS possui quatro tipos de ligações que permitem a escolha de protótipos para comparação:

- **Ligações de lembrança:** associa características com categorias e protótipos. São utilizadas na formação das hipóteses;
- **Ligações censoras:** fornece associações negativas. Elas permitem ao PROTOS descartar as hipóteses previstas pelas ligações de lembrança;
- **Ligações prototípicas:** associam as categorias com seus protótipos. Elas podem ser de dois tipos: fraca e forte. Estas ligações são usadas para escolher um protótipo. Os protótipos preferidos são os fortes. Os protótipos fracos são escolhidos somente se a tentativa de combinar falhar ou não houver uma formulação de hipótese;
- **Ligações diferenciais:** armazenam as diferenças importantes entre os protótipos e permitem a busca entre os protótipos durante o processo de classificação.

A Memória Prototípica, que utiliza protótipos, é indicada especificamente para sistemas que realizam a tarefa de diagnóstico e classificação (Kolodner, 1993). Ela é utilizada para classificar um novo caso de entrada dentro de uma das categorias

representadas nos protótipos. Os protótipos são representações genéricas do conhecimento. Podem ser casos típicos ou descrições abrangentes de um problema, capazes de classificar um caso em uma categoria. Por exemplo, podem ser um conjunto de sintomas ou características que descrevem um distúrbio alimentar. Schmidt e Gírl (1997) acreditam que este tipo de raciocínio deve ser considerado, principalmente, na tarefa de diagnóstico. Os protótipos representam o conhecimento geral do domínio. A principal proposta da generalização do conhecimento é guiar o processo de recuperação.

Uma das vantagens deste modelo de memória é o incremento na velocidade da recuperação dos casos. O caso de entrada é classificado em uma categoria (ou protótipo) para posteriormente procurar o caso mais similar somente entre os casos associados a esse protótipo. A Memória Prototípica consiste numa representação de conhecimento especialista condizente com a forma de como este conhecimento é adquirido, ou seja, os especialistas normalmente adquirem informações sobre o seu domínio de conhecimento de forma abstrata e genérica (Heinisch, 1997). A utilização de casos orientados pelo conhecimento geral representa uma oportunidade de estruturar a base de casos. Os casos podem ser agrupados em grupos, doenças ou esquemas (Schmidt e Gírl, 1997).

Outra vantagem desta memória é a possibilidade de construção de uma memória que, apesar de pequena, consegue abranger um subdomínio por inteiro, podendo servir de base inicial para um sistema que cresça, em robustez, com o próprio uso. Dentro do projeto no qual o presente trabalho se insere, a utilização da Memória Prototípica visa construir uma memória capaz de abranger o subdomínio de risco nutricional, contemplando o conjunto essencial de categorias de prescrições dietéticas indicadas.

Se os sistemas contivessem apenas o conhecimento geral, seriam extremamente limitados e não seriam capazes de individualizar uma resposta. O caminho para solucionar este impasse é estruturar uma base protótipos que apontem para os respectivos casos específicos.

Um sistema, depois de pronto, precisa ser avaliado quanto a utilidade e eficiência de suas respostas. Para tanto, existem técnicas de validação e verificação propostas por alguns autores, que são apresentadas na próxima seção.

3.2.7. Validação e Verificação

O teste ou avaliação de um sistema de RBC envolve dois processos separados denominados verificação e validação. Segundo Watson (1997), a verificação avalia o grau de precisão na realização das tarefas propostas, já a validação avalia a sua eficiência.

Não existe um método específico de verificação e validação para sistemas desenvolvidos em RBC, devido a este ser um modelo novo e sujeito a experimentações (Watson, 1997). Os sistemas de RBC, por manipularem o raciocínio e o conhecimento humano, podem se utilizar de métodos de validação provenientes de outras técnicas de IA. Esta é uma conclusão baseada em senso comum, verificada em diversos autores (Kolodner, 1993; Watson1997; Weber1998). Portanto, a avaliação de um sistema de RBC pode ser feita adaptando-se os métodos de validação de outros sistemas inteligentes. Um modo fácil de avaliar a utilidade da escolha por um sistema de RBC é verificar se a tarefa executada pelo especialista humano pode ser baseada em casos. Em termos gerais, estas são algumas das características a serem consideradas para avaliação de sistemas de RBC:

- Escolha do problema: se o problema é próprio para o tipo de raciocínio a ser representado;
- Características técnicas: estabilidade e operacionalidade do sistema;
- Características organizacionais: se o sistema é adequado à operação dentro de uma organização;
- Características econômicas: retorno do investimento, aumento na qualidade de serviços;
- Qualidade e eficiência com relação às principais etapas de um sistema baseado em casos: recuperação, adaptação, representação dos casos e aprendizagem.

Além de avaliar-se a eficiência e qualidade, deve-se considerar se o aumento de robustez resultante da aprendizagem irá realmente beneficiar a qualidade do sistema ou diminuir sua velocidade, utilidade e eficiência. Ao contrário dos sistemas baseados em

regras, os sistemas de RBC são dinâmicos e adquirem os casos para a base através de aprendizagem, por isso a base de casos se expande continuamente (Watson, 1996).

A avaliação comparativa do sistema deve ser feita com especialistas humanos em dois momentos: num primeiro, um especialista ou vários avaliam as respostas dadas pelo sistema, num segundo momento, o especialista utiliza o sistema como um colega ou um assistente técnico. Nesta etapa, calcula-se os percentuais com que o especialista utilizou as sugestões oferecidas pelo sistema. Se o sistema atingiu 90% de respostas certas, pode-se considerá-lo satisfatório. As respostas do sistema devem ser comparadas com as respostas de especialistas para o seu desempenho com relação ao especialista humano

Watson (1997) aconselha a utilização de uma verificação similar ao de sistemas baseados em regras em um sistema de RBC. Contudo, a verificação é mais difícil em RBC do que em sistemas baseados em regras. Embora, o RBC forneça um modelo mais plausível do raciocínio humano, ainda é relativamente novo e são necessários mais trabalhos para definir métodos de avaliação.

Quanto à verificação, Watson (1997) sugere os seguintes tópicos:

- Precisão da recuperação: quando o caso alvo é parte da base de casos a medida de similaridade deve ser de 100%. Se isto não acontecer, então há algo de errado no sistema
- Consistência da recuperação: quando é testada a recuperação do mesmo caso por duas vezes, a precisão deve ser a mesma, se isto não ocorrer, pode haver um erro no algoritmo de recuperação.
- Duplicação de casos: um caso deve combinar exatamente com ele mesmo, não devem haver dois casos idênticos na base de casos.
- Cobertura dos casos: é aconselhável que exista uma distribuição homogênea de casos no espaço do problema

3.2.8. Vantagens Do RBC

Abaixo estão descritas algumas vantagens oferecidas pela técnica de RBC que inspiraram o desenvolvimento do sistema:

- Aquisição do conhecimento: pode ser feita pelo preenchimento direto dos fatos que descrevem uma experiência (Simoudis, 1991);
- Aprendizagem e atualização: podem ser feitas automaticamente, na medida em que as experiências são utilizadas. Dessa forma o sistema pode crescer em robustez e incrementar a sua eficiência (Kolodner, 1993);
- Fácil acesso às soluções: recuperação rápida e fácil da solução que não precisa ser reconstruída totalmente mas pode ser adaptada conforme a necessidade do problema. (Kolodner, 1993).
- Raciocínio implícito: a incerteza implícita nas afirmações contidas nos casos é utilizada sem a necessidade de um tratamento específico (Riesbeck e Schank, 1989); desde que o problema referido no sistema seja identificado corretamente, não é preciso que o sistema entenda perfeitamente as condições e circunstâncias do problema para propor uma solução (Leake, 1996).
- A metodologia de RBC aparece como uma via alternativa para a construção de sistema inteligentes, visto que é baseada fundamentalmente em experiências. A seguir, um breve histórico sobre as aplicações de RBC no domínio de elaboração de cardápios

3.2.9. Sistemas de planejamento de cardápios baseados no modelo de Raciocínio Baseado em Casos.

O planejamento de refeições para um conjunto de indivíduos deve considerar e incluir preferências pessoais. Por exemplo, numa refeição para vegetarianos não restritos pode-se utilizar um cardápio rico em legumes, verduras, queijos, leite e seus derivados, excluindo-se as carnes. Contudo, se naquele grupo de vegetarianos para o qual foi planejado o cardápio houver uma pessoa intolerante ao açúcar do leite, a lactose, deve-se preparar uma refeição que não contenha leite e derivados, mas que ainda apresente características vegetarianas. Para a elaboração destes cardápios a utilização de exemplos é útil para tentar derivar uma solução para o problema (Kolodner, 1993).

O modelo de RBC pode adaptar soluções que já foram utilizadas para atender novas demandas. Isto é possível utilizando-se casos para encontrar novas soluções, criticar novas soluções, raciocinar através de precedentes para interpretar uma nova solução ou ainda criar uma solução equivalente para um novo problema (Kolodner, 1993). Por isso, pode-se utilizar o RBC para desenvolver sistemas capazes de planejar cardápios. O sistema lembra de situações similares para solucionar um problema atual. A aplicação de RBC no domínio da elaboração de cardápios tem sido bastante explorada. Existem sistemas de RBC que encaram essa tarefa por diferentes ângulos: através de planejamento (CHEF e CAMP) e de projeto (JULIA).

3.2.9.1 O CHEF

Cristian Hammond (1986) projetou o CHEF, que é um sistema de RBC no domínio do planejamento de receitas. Neste programa, a principal tarefa é o planejamento. As receitas são vistas como planos. Os usuários do sistema são os serviços de alimentação e usuários comuns. O CHEF planeja através de lembrança de receitas que foram utilizadas com sucesso em situações similares e modifica as receitas de acordo com as novas condições impostas pelo problema de entrada. O problema de entrada do sistema é um conjunto de objetivos que devem ser atendidos e a solução é composta por sugestões de receitas. Os casos foram construídos para avaliar, solucionar e reparar falhas. O método de avaliação empregado foi a projeção de casos. A indexação foi efetuada através da descrição dos objetivos, priorização de restrições e fatores que causam falhas em potencial. A adaptação é feita pela reinstanciação dos casos que eram reexaminados, empregando-se uma heurística de reparos. A recuperação é feita por uma rede de pesquisa discriminatória. O raciocínio empregado implica em avaliar a situação para planejar. O objetivo do raciocínio é antecipar, recuperar, adaptar, reparar. A realização dos passos do sistema segue um *script*:

- 1º: reinstanciação do plano antigo;
- 2º: aplicação de propósito especial para crítica relacionada ao objeto;

A marca registrada do RBC é aprender com as experiências, por isso foi projetado um mecanismo de *feedback* que simula uma avaliação para detecção de falhas nas

receitas, ou seja, combinações mal feitas de ingredientes numa receita. Quando o sistema encontra uma falha, corrige segmentando o problema, reformula a solução e livra o programa da falha. O sistema ainda busca por alternativas através da classificação das falhas baseadas nas relações causais entre objetivos e planos. Os passos dessa estratégia de reparo são selecionados através de TOPs e individualização de preditores (*predictors*). Por isso, a indexação é um recurso muito importante no CHEF.

3.2.9.2. O JULIA

O sistema JULIA foi projetado por Hinrich e Kolodner (1992) no domínio de planejamento de refeições, realizando tarefa de projeto. Os públicos-alvo do sistema são serviços de alimentação e usuários. O objetivo do sistema é planejar refeições simples para diversos usuários, como em um restaurante. O planejamento do cardápio, efetuado pelo sistema, permite a cada cliente escolher seus pratos favoritos, e nas preparações, busca a combinação adequada entre os alimentos. A entrada do sistema é composta por restrições impostas pelo usuário e a saída é a satisfação das restrições. Através da determinação dos índices (indexação) é feita a especificação do problema. O método de ajuste da situação empregado é o *checklist*. A recuperação dos casos é feita por redes discriminatórias redundantes. A seleção dos casos é realizada através do senso comum e de um propósito especial para estrutura heurística modificada. Os recursos de conhecimento empregados são:

- casos;
- restrições;
- projetos;
- preferências.

O destaque deste sistema é a arquitetura em módulos para a recuperação dos casos, o que possibilita a adaptação e o envio de restrições. Os problemas que não forem resolvidos pela recuperação de casos serão decompostos e solucionados por: RBC + envio de restrições e propagação. As restrições consideradas no sistema JULIA são baseadas em recomendações nutricionais:

- não repetir ingredientes;

- o sabor deve ser compatível;
- refeições nutricionalmente balanceadas.

O conhecimento geral do sistema é armazenado através de objetos prototípicos com conhecimentos sobre refeições. O conhecimento mais detalhado está contido nos casos. O sistema busca preencher as informações recuperando os casos similares e escolhendo entre os protótipos e casos. Quando surgem conflitos, ele tenta adaptar para reconciliar. A adaptação é feita através do relaxamento de restrições. Às vezes, pode ocorrer uma interrupção no processo devido a uma nova demanda ou quando um caso avisa que uma falha pode ocorrer. O sistema trata as interrupções como se fossem conflitos, tentando adaptar o problema sem prejudicar o projeto. A estrutura básica do sistema possui seis componentes:

1. Esquematizador de objetivos que mantém uma agenda de objetivos projetados;
2. Descritores de problemas e restrições são usados para indexar e classificar os casos;
3. Regras primitivas transformadas;
4. Painel de regras propagadoras de valores e restrições;
5. Sistema de manutenção do raciocínio, que grava as justificativas, as consequências das decisões e os recursos de valores;
6. Manutenção que auxilia na representação da solução, condizente com os objetivos do sistema que soluciona problemas

3.2.9.3. O CAMP

Marling (1996) desenvolveu o sistema CAMP para elaborar cardápios diários com base em recomendações feitas por um especialista em Nutrição e nas preferências individuais do usuário. Para a elaboração do cardápio são consideradas a combinação entre os nutrientes e as preferências individuais quanto ao número e tipo de refeição (desjejum, almoço, jantar, lanches intermediários). O sistema é todo desenvolvido através de casos. Segundo a sua autora, “*é um sistema puro de RBC*”(Marling, 1996). Como um sistema padrão de RBC, ele trabalha armazenando, recuperando e adaptando os

casos. Os cardápios são representados através de casos. A solução no CAMP é um cardápio diário. As principais características consideradas para planejar o cardápio são:

- nutrientes;
- tipo de refeição;
- número de lanches ;
- inclusão de alimentos.

Os casos são armazenados em uma estrutura de *flat memory*. Esse tipo de memória oferece maior flexibilidade, uma vez que os casos não estão ordenados em categorias. O mesmo cardápio pode ser adaptado e utilizado em diferentes situações e a organização desse tipo de memória ameniza o problema de implementações em paralelo para solucionar esse problema. Os cardápios para compor a base de casos foram coletados de diversas instituições americanas e a adequação dos nutrientes foi baseada no guia alimentar *Recommended Daily Intakes* (RDI). O sistema procurou atender padrões estéticos de cor, textura, temperatura, sabor e outros. A métrica de reutilização (*reusability metric*) foi utilizada para escolher um caso que atendesse aos objetivos com o mínimo de adaptação. O CAMP recupera o melhor caso pela determinação da métrica de reutilização. Se o melhor caso não combina exatamente com o caso de entrada, ele é utilizado como ponto de partida e outros casos mais similares são utilizados para auxiliar na adaptação. A adaptação é feita através de uma abordagem proposta pelo especialista em Nutrição:

1. Verificar o número de lanches. Ajustar se necessário;
2. Verificar os tipos de refeição. Trocar refeições para acomodar as preferências, se necessário;
3. Eliminar do cardápio os alimentos proibidos;
4. Verificar o valor calórico. Ajustar o tamanho das porções, se necessário;
5. Corrigir deficiências de nutrientes.

As opiniões feitas por profissionais da Nutrição que testaram o CAMP foram bastante favoráveis. Mas ainda sugeriram algumas modificações para melhorar ainda mais o sistema:

- Utilizar o RDA, pois o RDI é muito limitado quanto a avaliação dos nutrientes;
- Calcular as necessidades calóricas individuais segundo idade, sexo, peso, altura e atividade física;
- Permitir ao usuário a inclusão nos cardápios de seus alimentos favoritos.

Além da versão “pura” em RBC, Marling projetou também o CAMPER, que é um sistema planejador de cardápios baseado em casos acrescido de regras. O CAMPER é um sistema híbrido que combina os sistemas CAMP (RBC) e PRISM (Sistema Baseado em Regras).

A presente dissertação, com o intuito de desenvolver um sistema que realize as tarefas de diagnóstico nutricional e de prescrição de planos alimentares, buscou nas tarefas de projeto e de diagnóstico subsídios para executá-lo.

3.2.10. Diagnóstico e projeto em RBC

3.2.10.1. Diagnóstico

O diagnóstico é um tipo particular de problema de explanação. Um sistema procura explicar a causa de um conjunto de sintomas. A abordagem da explanação indica que pode-se explicar um fenômeno pela lembrança de uma situação similar, utilizando a sua explicação ou adaptando-a (Schank, 1986). Quando existe um número pequeno de explicações possíveis, pode-se encarar o diagnóstico como uma tarefa de classificação. Contudo, se num conjunto os sintomas não podem ser enumerados facilmente, então o diagnóstico é uma explanação. Os casos são úteis no diagnóstico pois apontam o caminho do raciocínio empregado previamente. Um exemplo é o sistema PROTOS que diagnostica distúrbios auditivos. Neste domínio os sintomas se manifestam de modo similar e apenas sutis diferenças pode identificá-los. Um novato não saberia como fazer, mas um especialista sim. O PROTOS inicia a sessão como um novato e quando comete

erros o especialista explica os erros a ele. Como resultado, o PROTOS aprende a identificar as diferenças sutis. O sistema aprende indicando as diferenças na memória, permitindo uma movimentação fácil de um diagnóstico óbvio para um mais apurado. Por exemplo, o sistema diagnosticou erroneamente um caso de *distúrbio coclear relacionado à idade*. Quando o especialista detectou o erro notificou ao sistema. O caso recuperado era de um *distúrbio coclear relacionado ao barulho*. A única diferença entre o caso candidato e o caso de entrada era a presença da informação idade (maior de 65) no caso de entrada. O especialista detectou o erro e notificou ao sistema. O PROTOS rediagnosticou o caso corretamente e inseriu a ligação da diferença entre o caso de *distúrbio coclear relacionado ao barulho* que tinha ajudado no diagnóstico original e o novo caso agora classificado de *distúrbio coclear relacionado à idade e ao barulho*.

Gerar um diagnóstico a partir do zero é uma tarefa que consome tempo. Na maioria dos domínios de diagnóstico, contudo, há uma regularidade suficiente para uma abordagem baseada em casos gerar diagnósticos eficientes. É claro que o especialista não deve assumir que o sistema tem todas as respostas. As sugestões fornecidas pelo sistema devem ser validadas. Contudo, a validação dos diagnósticos sugeridos é muito mais fácil do que gerar um diagnóstico plausível. Os sistemas de diagnóstico são:

- SHRINK - diagnóstico psiquiátrico;
- CASEY - diagnóstico de problemas cardíacos;
- PROTOS – diagnóstico de distúrbios auditivos.

3.2.10.2. Projeto

Os problemas de projeto são definidos através de um conjunto de restrições (Kolodner, 1996). O objetivo do sistema que realiza a tarefa de projeto é solucionar as restrições do problema. Normalmente, as restrições especificam o problema e possibilitam muitas soluções. O planejamento de refeições pode ser visto como uma tarefa de projeto. O sistema que projeta um cardápio deve satisfazer as preferências e aversões alimentares de seus usuários, manter a refeição economicamente viável e saborosa, além de considerar os ingredientes. Além disso, deve-se tornar o prato principal compatível com os outros pratos e tentar não repetir ingredientes na mesma

refeição. Como há muitas soluções possíveis, o maior problema é construir uma solução satisfatória. As restrições, que são normalmente usadas para especificar os problemas de projeto, fornecem um meio para avaliar se a solução encontrada é satisfatória.

Os casos do sistema baseado em projeto fornecem ilustrações dos múltiplos caminhos que foram utilizados em soluções passadas. A lembrança de casos antigos que foram criados com restrições similares ao novo problema pode ajudar o sistema a construir uma solução. O caso antigo sugere um projeto, ou um projeto parcial para o sistema. De fato, os projetistas informaram que a tarefa inicial de um projeto envolve a procura em arquivos ou livros para verificar como diferentes restrições foram resolvidas no passado. Alguns sistemas baseados em projetos são demonstrados na tabela 4.

Tabela 5: Sistemas de projeto desenvolvidos em RBC

Sistema	Tarefa
JULIA	Planeja refeições
CYCLOPS	Projetos paisagísticos
KRITIK e KRITIK 2	Conselhos mecânicos elétricos
CADET	Projetos industriais
ARCHIE e ARCHIE 2	Projetos arquitetônicos
CLAVIER	Projetos de componentes de aviões feitos em autoclave
MEDIATOR	Disputas
PERSUADER	Disputas sindicalistas

A tarefa de diagnóstico representa o raciocínio de especialistas na classificação dos pacientes em categorias de risco nutricional e a tarefa de projeto representa a prescrição de um plano alimentar individualizado.

3.2.10. CONCLUSÃO - RBC

O que torna a técnica de Raciocínio Baseado em Casos diferente de outras técnicas de IA é a sua capacidade de utilizar o conhecimento adquirido em uma experiência para resolver problemas manifestados em outra experiência semelhante, tornando-o disponível para a resolução de futuros problemas. As suas principais vantagens são a facilidade de implementação e adaptabilidade a um grande número de domínios de conhecimento. Os sistemas de RBC representam o raciocínio analógico humano. É a atribuição de uma qualidade a um objeto pela presença desta qualidade em outro objeto que, como o primeiro, já apresenta qualidades comuns. Este tipo de raciocínio utiliza o modelo mental de alguns conceitos através de experiências.

Os casos, em RBC, representam o conteúdo e o contexto de uma experiência. O problema de entrada (caso de entrada) é comparado aos casos candidatos da base que contém a descrição da solução. A comparação entre os casos é efetuada pela avaliação de similaridade entre caso de entrada e um já contido na base de casos. A avaliação de similaridade entre os casos é guiada através de índices, que são características importantes definidas nos casos. Os casos mais similares ao caso de entrada são então recuperados. A fase de revisão escolhe o caso mais parecido, cuja solução poderá ser utilizada ou adaptada para finalizar a tarefa.

O teste ou avaliação de um sistema de RBC envolve dois processos separados denominados verificação e validação. A verificação avalia se o sistema fornece respostas corretas, já a validação avalia se o sistema responde às necessidades do usuário. Não existe um método de verificação e validação específico para sistemas de RBC, devido a este ser um modelo novo e sujeito a experimentações.

Alguns sistemas de RBC, como o CHEF, o JULIA e o CAMP, demonstraram ser adequada a aplicação desse paradigma ao domínio da Nutrição. O sistema CAMP foi apresentado em um encontro de nutricionistas nos Estados Unidos. As opiniões feitas por profissionais da Nutrição que avaliaram o CAMP foram bastante favoráveis e ainda sugeriram algumas modificações para tornar o sistema mais dinâmico e confiável. O que

foi sugerido pelos profissionais da Nutrição nos EUA é que o sistema desenvolvido por Marling, também auxiliasse na tarefa de diagnóstico nutricional, através dos cálculos das necessidades individuais dos pacientes.

O presente sistema, desenvolvido nesta dissertação, realiza a tarefa de prescrição de planos alimentares com base no diagnóstico nutricional implícito. Essa tarefa busca auxiliar o profissional de Nutrição na obtenção de respostas rápidas e consistentes, uma vez que a base de casos foi preenchida com casos reais. Os detalhes da construção do sistema estão no capítulo a seguir.

4. APLICAÇÃO

“Real thinking has nothing to do with logic at all”

RIESBECK e SCHANK,

In: *Inside Case-Based Reasoning*

A meta do sistema desenvolvido na presente dissertação é prescrever um plano alimentar individualizado, através do diagnóstico de risco nutricional para doenças crônicas degenerativas que possuam relação com a alimentação. Para realizar esta tarefa buscou-se um paradigma de Inteligência Artificial que trouxesse respostas rápidas e consistentes para a resolução do problema proposto. A técnica escolhida foi a de Raciocínio Baseado em Casos, devido a sua reduzida necessidade de conhecimento na etapa de aquisição de conhecimento e da facilidade de representação do conhecimento.

4.1. ARQUITETURA DO SISTEMA

O caso de entrada contém a descrição do problema, ou seja, as informações relativas ao estado nutricional e clínico fornecidas pelo usuário. Inicialmente, o sistema busca classificar o caso de entrada em um protótipo de risco nutricional na base de protótipos. Passo seguinte é buscar um caso na base de casos, do referido protótipo, que seja similar ao caso de entrada e que apresente uma solução satisfatória – o plano alimentar. Se não houver um caso suficientemente similar ao caso de entrada, o sistema procederá então a adaptação. As fases de aquisição de protótipos, de casos e de adaptação foram feitas em conjunto com especialistas em Nutrição. A arquitetura do sistema, representada na figura 3, demonstra a idéia de funcionamento do sistema.

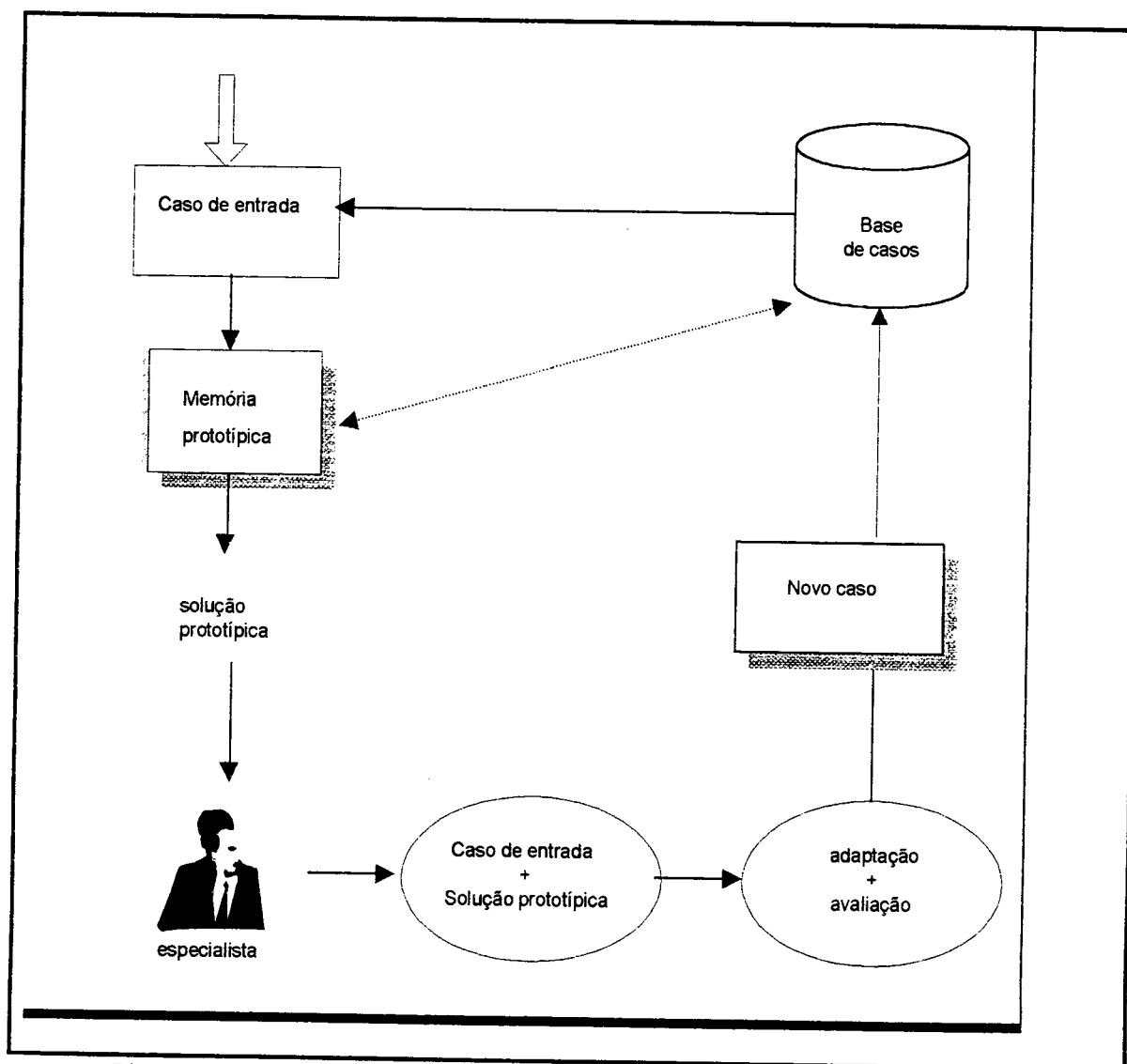


Figura 3: Arquitetura do sistema

A experiência é um fator de extrema importância para o especialista. O especialista em Nutrição, após construir o seu conhecimento através da teoria e da prática, utiliza as experiências passadas para solucionar novos problemas. Os especialistas em Nutrição realizam a tarefa de prescrição dietética através de dois processos:

- Primeiro: as características do paciente são avaliadas procurando-se encaixá-lo num grupo de risco nutricional; o sistema busca realizar esta tarefa através da comparação

da similaridade dos atributos do caso de entrada com os índices dos protótipos, classificando o caso de entrada em um protótipo.

- Segundo: através da classificação do indivíduo em determinada categoria de risco nutricional, nutricionistas procuram tratar o problema através de uma prescrição dietética individualizada, de acordo com as necessidades nutricionais e as preferências alimentares do paciente; o sistema executa a prescrição buscando características individuais contidas nos casos da base através das tarefa de projeto.

A aquisição e a representação do conhecimento são tópicos da Engenharia do Conhecimento muito importantes para o desenvolvimento do sistema proposto. Com o emprego da metodologia de RBC, o sistema é capaz de executar as tarefas de diagnóstico e prescrição a exemplo do especialista numa consulta, representando o seu modo de pensar e agir. Uma das vantagens dos sistemas de RBC é representar implicitamente o raciocínio. Por exemplo, no presente sistema, a solução, que é a prescrição do plano alimentar, é encontrada com base no diagnóstico de risco nutricional, que não é mostrado explicitamente ao usuário.

Através da construção dos protótipos buscou-se solucionar o problema da aquisição do conhecimento através da representação das principais categorias de risco nutricional com relação às doenças crônicas degenerativas. Os casos foram representados através de uma consulta em nutrição, na qual o nutricionista prescreve uma dieta com base nas características individuais de cada paciente. A escolha dos índices foi feita em separado para os protótipos e para os casos. Os especialistas efetuaram a avaliação das respostas do sistema na fase de reutilização. A validação da Memória Prototípica é discutida num capítulo à parte, já que é o elemento decisivo para a construção do sistema.

4.2. A REPRESENTAÇÃO DOS CASOS

Os casos constituem uma interpretação das experiências do domínio modeladas para executar a tarefa do sistema. A experiência em Nutrição pode ser expressa através de uma consulta com um indivíduo que possui um distúrbio nutricional, que é classificado de acordo com alguns sintomas e que merece uma dieta especial em conformidade com as suas necessidades, objetivos e adequação.

A aquisição dos casos foi feita de forma retrospectiva, em prontuários de uma clínica de cardiologia da cidade de Florianópolis, Estado de Santa Catarina. Foram pesquisados 200 prontuários, mas dentre esses, somente 50 puderam ser utilizados, por contemplarem todos os dados necessários à representação dos casos.

A interpretação apropriada da experiência é indicada pelos especialistas que escolheram as características que melhor descrevem o problema representado nos casos, como resultado da aquisição de conhecimento. O que torna complexa a tarefa desenvolvida pelo sistema é a descrição dos sintomas necessários à realização do diagnóstico e a relação deste com a prescrição de um plano alimentar individualizado. O conteúdo dos casos em um sistema para a prescrição nutricional é um conjunto de sintomas e características, sob a luz da descrição do problema e a prescrição da dieta é a solução do problema. No sistema proposto, o diagnóstico é implícito, pois não indica explicitamente qual o distúrbio nutricional que recuperou aquela prescrição, mas apresenta ao usuário a respectiva dieta.

A solução do caso indica como um problema foi solucionado em uma instância particular. Este componente pode ser retido ou pode incluir também uma pista do caminho da solução que foi derivada e/ou relacionar com cada parte da solução (Leake, 1996). A descrição da solução é o plano alimentar específico para aquele indivíduo, segundo as suas necessidades nutricionais e preferências alimentares, contendo a prescrição da dieta, recomendações dietéticas e a sugestão de um cardápio

individualizado. Os casos são representados através da representação formulário, como foi descrito na seção 3.1.4.9. Representações Formulário.

Os atributos dos casos são em sua maioria adaptáveis e conferem o teor individualizado à prescrição do plano alimentar. Os atributos adaptáveis estão contidos nos casos e são responsáveis pela individualização da prescrição dietética. Constituem portanto, o conhecimento específico do especialista. Os atributos adaptáveis dos casos são:

- Idade;
- Sexo;
- Peso atual;
- Antecedentes familiares;
- Medicação;
- Número de refeições;
- Preferências alimentares;
- Intolerâncias alimentares;

Os atributos idade, sexo e atividade física são fundamentais para a prescrição da dieta e estão embutidos no cálculo do Gasto Energético Total (GET). Estes atributos não foram considerados nos protótipos, pois constituem características individuais.

O conhecimento do especialista também ensina em qual dimensão podem ser comparadas duas experiências nutricionais no momento de avaliar a similaridade. Este conhecimento é modelado através de atributos escolhidos contidos no vocabulário de índices

4.3. VOCABULÁRIO DE ÍNDICES

O vocabulário de índices define qual quantidade de descritores deve ser usada para representar os casos. A indexação é o processo de identificação dos descritores de um caso particular que orientarão a avaliação de similaridade definindo a ordem de recuperação (Kolodner, 1993). Os pesos variam de acordo com o grau de importância. Este grau de importância foi elaborado em conjunto com especialistas e engenheiros do conhecimento envolvidos no desenvolvimento do presente sistema. O vocabulário de índices dos casos é composto por atributos definidos pelo especialista. Esses atributos são:

- TMB;
- GET;
- Atividade física;
- Antecedentes médicos;
- Antecedentes familiares;
- Número de refeições por dia;
- Preferências alimentares;
- Intolerâncias alimentares.

A Taxa de Metabolismo Basal (TMB) representa o consumo energético mínimo para um indivíduo em repouso. Para o seu cálculo, considera-se as variáveis idade, sexo e peso ideal. O cálculo é feito por faixas etárias e por sexo. As equações para calcular a TMB a partir do peso corporal ideal são demonstradas no Apêndice.

O GET (Gasto Energético Total) é o atributo mais importante no momento de recuperar o plano alimentar mais similar. O seu cálculo é feito considerando as variáveis idade, sexo e atividade física do indivíduo. Representa o quanto ele deve ingerir diariamente para manter o seu peso de forma saudável de acordo com o tipo de atividade física. Para indivíduos que apresentam peso normal, o cálculo do GET é feito

considerando-se o peso atual. No caso de sobre-peso e obesidade (moderada ou mórbida), toma-se como referência o peso ideal. Enquanto o IMC classifica o caso com relação a massa corporal, o GET calcula as necessidades calóricas individuais segundo sexo, idade e atividade física. No Apêndice, estão descritos os fatores para estimativa do gasto energético, de acordo com os vários níveis de atividade física para homens e mulheres.

A atividade física é fundamental para a prescrição do plano alimentar. Sem este índice é impossível calcular o GET, pois é necessário conhecer quanto o indivíduo gasta para suprir o seu consumo de energia. No Apêndice estão representados os tipos de atividade física considerados pela RDA 10th (1989).

Os atributos preferências alimentares e intolerâncias alimentares dizem respeito a características individuais de cada caso. Para conseguir uma melhor adesão ao plano alimentar proposto é preciso conhecer as preferências do indivíduo, com o que o cardápio se tornará mais amigável e agradável de ser seguido. Todos estes índices podem ser adaptáveis conforme a necessidade. Após a determinação dos índices, passou-se para a determinação da métrica de similaridade.

4.4. AVALIAÇÃO DE SIMILARIDADE

A função necessária para medir a similaridade entre o caso de entrada e os casos candidatos chama-se métrica de similaridade. A métrica de similaridade atribui um valor numérico para similaridade. A medida de similaridade de cada atributo se dá pelo cálculo do valor da função de similaridade multiplicada por seu peso:

Distância * Peso

$S(E,B) * W$

Onde:

S = Função de Similaridade

B = Caso Candidato

E = Caso de Entrada

W = Peso

A similaridade total é sintetizada por uma média ponderada:

$$\left(\frac{\sum \text{Similaridades}}{\sum \text{Pesos}} \right) * 100$$

A medida de similaridade dos protótipos é mais distanciada da medida dos casos, pois os protótipos representam categorias distintas de risco nutricional. Já os casos apresentam valores de similaridade mais próximos por apresentarem características individuais. A avaliação de similaridade ocorre após a identificação das características do problema de entrada. Com isso, os índices do caso de entrada são comparados, um a um, com cada caso candidato da base gerando um similar com cada caso da base. A abordagem utilizada no presente sistema foi solicitar aos especialistas que determinem a ordem de importância dos índices. Os especialistas ordenaram de forma relevante os índices de acordo com o seu conhecimento. Após esta etapa, os índices receberam valores numéricos para representar a força da sua relevância. O processo de atribuição de pesos, portanto, também representa o conhecimento do especialista.

As etapas de atribuição de pesos e a sua calibragem são interativas. Portanto, é possível alterar os pesos antes que o presente sistema se torne definitivo. A consistência dos pesos foi verificada através de testes, para efetuar a calibragem até que se obtivesse medidas de similaridades maiores entre os casos similares. É importante salientar que a avaliação de similaridade foi efetuada nos protótipos e nos casos.

4.5. A REUTILIZAÇÃO

A prescrição do plano alimentar associada ao caso da base pode ser reutilizada para o caso de entrada, desde que a similaridade entre eles seja considerada satisfatória pelos especialistas e que se proceda a adaptação necessária. A perfeita individualização da dieta será feita através da adaptação, com relação à condição clínica, preferências pessoais ou à presença de alergias alimentares. Isto poderá ocorrer durante a fase de maturação do sistema, na qual serão coletados os casos para preencher a base de casos.

A adaptação do caso candidato recuperado será executada através de uma proposta feita pelos especialistas, verificando:

1. os antecedentes médicos;
2. os antecedentes familiares;
3. as alergias alimentares;
4. as preferências alimentares;
5. as intolerâncias alimentares.

A seguir um exemplo ilustra como o sistema executa as tarefas propostas, iniciando com a entrada do usuário no sistema. A partir deste momento o usuário será considerado um caso de entrada.

4.6. EXEMPLO

O sistema, inicialmente, classifica o caso de entrada em um protótipo de risco nutricional. Em seguida, o sistema busca na base de casos do protótipo no qual o caso de entrada foi classificado, um caso candidato, o mais similar possível ao caso de entrada, trazendo uma sugestão de solução para o problema de entrada – o plano alimentar. Um caso de entrada é inserido pelo usuário no sistema informando os seguintes dados:

Cadastro de Casos de Entrada

Dados Pessoais | Anamnese Alimentar | Doenças | Medicações | Dieta

Dados do Paciente

Nome: CASO - Teste

Data de Nascimento: 20/03/52

Sexo

☒ Masculino

☐ Feminino

Antropometria

Cintura: 110 cm

PesoAtual: 93 Kg

Quadril: 91 cm

Altura: 170 cm

Atividade Física

☐ Muito Leve

☒ Leve

☐ Mederada

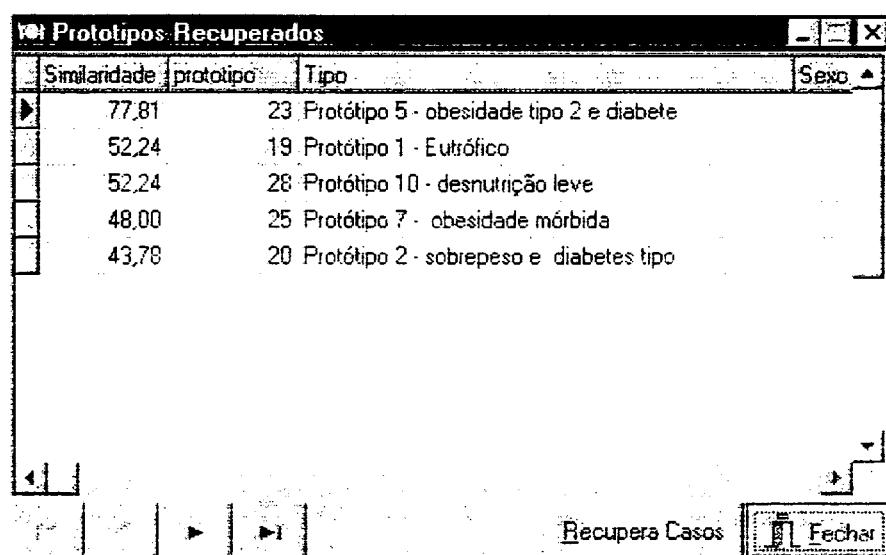
☐ Intensa

<|<|>>|> Incluir Excluir Alterar Continuar Cancelar Adaptar Fechar

Figura 4: Tela de entrada no sistema com dados iniciais

Em seguida, o usuário deve preencher as demais telas com informações mais específicas, tais como: antecedentes médicos, antecedentes familiares, hábito intestinal, consistência das fezes, alergias alimentares, preferências alimentares, intolerâncias alimentares e número de refeições/dia, que permitem a individualização da prescrição do plano alimentar.

Com base nesses dados, a primeira etapa é classificar o caso de entrada no protótipo de risco nutricional moderado (Figura 5), pois o cálculo do seu IMC resulta em $32,2\text{kg/m}^2$ e relação cintura/quadril é igual a 1,2 cm. O sistema realiza o cálculo do IMC com base no peso atual e estabelece a relação cintura/quadril (vide seção 2.2.1. Indicadores de riscos para a saúde: o índice de massa corpórea (IMC) e a relação cintura quadril.)



Similaridade	prototipo	Tipo	Sexo
77,81	23	Protótipo 5 - obesidade tipo 2 e diabete	
52,24	19	Protótipo 1 - Eutrófico	
52,24	26	Protótipo 10 - desnutrição leve	
48,00	25	Protótipo 7 - obesidade mórbida	
43,78	20	Protótipo 2 - sobrepeso e diabetes tipo	

Recupera Casos Fechar

Figura 5: Protótipo recuperado

O protótipo recuperado (Figura 5) sugere a utilização de um caso cuja solução é uma prescrição de um plano alimentar para perda de peso, mas ainda é necessário analisar outros dados para a obtenção do plano alimentar individualizado. A recuperação do protótipo mostrou-se adequada, pois classificou o caso de entrada corretamente, com um bom valor de similaridade. Depois de classificar o caso num protótipo, o sistema procede à individualização do plano alimentar da seguinte forma:

1. Calcula a Taxa de Metabolismo Basal (TMB) com base no sexo, idade e peso ideal. O peso ideal é obtido através do IMC, considerando-se o IMC 25, já que o caso é do sexo masculino. Portanto a TMB do exemplo é 1717,1 Calorias;
2. Calcula o Gasto Energético Total (GET) através do produto entre a TMB e a atividade física, que no exemplo, é leve. Aqui já pode-se obter o valor calórico da dieta a ser prescrita, que é: 2747,36 Calorias, levando-se em consideração o peso ideal segundo o IMC 25;
3. Verifica a presença de doenças: o exemplo apresenta hipercolesterolemia e cardiopatia. Portanto, a dieta deve ser baixa em colesterol, diminuindo as gorduras saturadas e priorizando as gorduras poli e monoinsaturadas;

4. Verifica a presença de doenças na família: o caso de entrada apresenta antecedentes familiares de cardiopatia. A presença desta doença na família enfatiza as recomendações citadas no item 3;
5. Analisa o hábito intestinal e a consistência das fezes: o caso de entrada apresenta hábito intestinal irregular, sugerindo a indicação de uma dieta rica em fibras;
6. O caso de entrada não apresenta alergias alimentares;
7. O caso de entrada indica a preferência de carnes bovinas; portanto, o cardápio deve considerar este item;
8. O caso de entrada não aprecia verduras, o cardápio sugerido procura evitá-las, mas deve ser fornecida uma orientação quanto à importância do consumo de vegetais numa dieta equilibrada.

Após a classificação do caso de entrada em um protótipo, um caso candidato de maior similaridade foi recuperado (Figura 6).

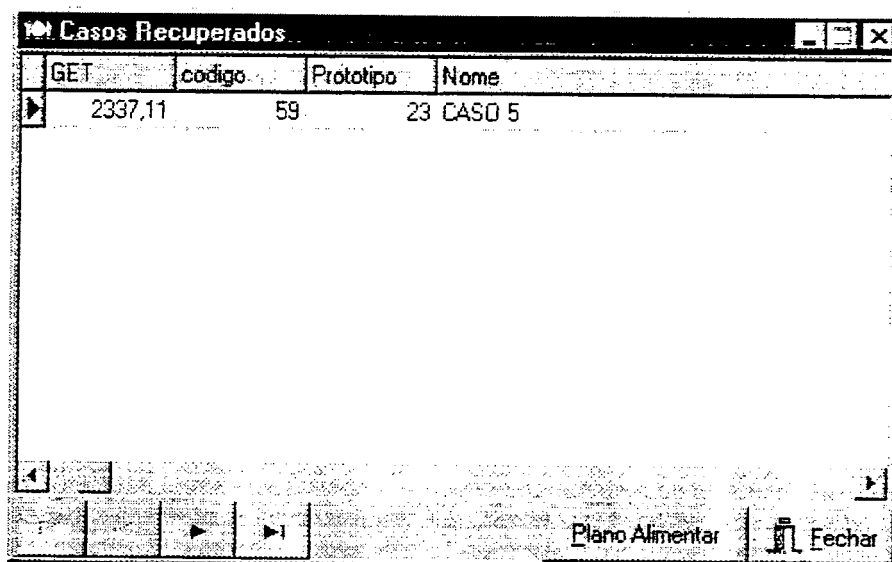


Figura 6: Caso candidato recuperado

O caso recuperado é aquele que o sistema buscou no protótipo de obesidade moderada e julgou ser o mais similar ao caso de entrada. Uma prescrição dietética associada ao caso candidato foi sugerida como solução para o caso de entrada (Figura 7).

Dieta	
Valor Calórico Total	Polinsaturados
2100 Calorias	até 10% das calorias totais
Carboidratos	Monossaturados
55%	10 a 15% das calorias totais
Proteínas	Fibras
15%	20g de fibras alimentares/dia
Lipídios	Líquidos
30%	até 2 litros de líquidos/dia
Ácidos Graxos Saturados	Colesterol
até 10% das calorias totais	até 300mg/dia

Imprimir Fechar

Figura 7: sugestão de prescrição dietética

Apesar do sistema efetuar o cálculo do valor calórico da dieta corretamente, verifica-se que o valor calórico da prescrição sugerida pelo sistema não é satisfatória. Isto se deve à necessidade de inserir mais casos no sistema para que ele possa fornecer uma resposta mais satisfatória. Contudo, o sistema procurou atender às outras exigências quanto a uma dieta de controle de colesterol e rica em fibras.

O sistema apresenta uma sugestão de cardápio acompanhada de uma lista de substituições de alimentos segundo equivalentes calóricos (Figura 8). Este cardápio foi elaborado segundo as preferências referidas pelo usuário. Além disso permite a variação coerente de alimentos segundo o grupo a que ele pertence a quanto ao valor calórico. Por exemplo: o feijão pode ser substituído por grão de bico, por este pertencer ao grupo das leguminosas, como o feijão, o alface pode ser substituído por agrião, o leite por iogurte etc. Isto permite maior liberdade ao usuário, possibilitando, também, maior variabilidade de nutrientes.

Refeição	Alimento	Qtd	Grupo
Desjejum	Leite 1 copo	1	8
	Pão 1/2 pão	2	7
	Laranja 1 unidade	1	6
Almoço	Arroz 1 colher sopa	4	3
	Feijão 1 colher sopa	2	4
	Carne de Gado 1 bife pequeno	1	5
	Abóbora 1 pires	1	2
	Alface 1 Prato Cheio	1	1
	Maca 1/2 unidade	1	6
Lanche da Tarde	Leite 1 copo	1	8
	Pão de centeio 1 fatia	2	7
Jantar	Arroz 1 colher sopa	4	3
	Feijão 1 colher sopa	4	4
	Carne de Gado 1 bife pequeno	1	5
	Cenoura 1 unidade	1	2
	Alface 1 Prato Cheio	1	1
	Pêssego 1 unidade	1	6
Ceia	Leite 1 copo	1	8

Figura 8: sugestão de cardápio com 2100 Calorias pobre em colesterol e rica em fibras

As recomendações nutricionais também integram a sugestão da solução para o caso de entrada (figura 9). O conjunto da prescrição dietética, cardápio, lista de substituição de alimentos e recomendações nutricionais constitui o plano alimentar.

Juntamente com o cardápio, é fornecida uma lista de alimentos divididos em grupos de equivalentes calóricos, para efetuar as substituições corretamente (apêndice). Isto propicia ao usuário maior variabilidade de alimentos que compõem a dieta.

O plano alimentar é composto da prescrição e do cardápio e, também, de algumas recomendações para que o usuário possa se alimentar de forma correta e adequada. As recomendações são descritas na tela do sistema e, como o cardápio, podem ser impressas.

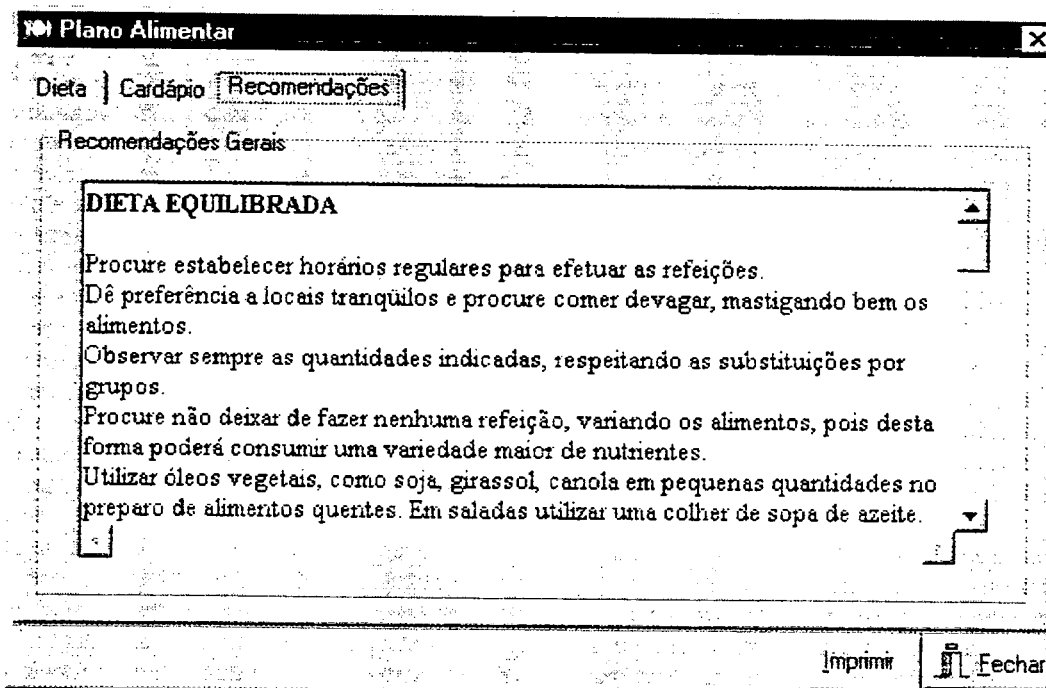


Figura 9: Recomendações nutricionais.

A recuperação do caso mais similar é feita através dos índices dos casos. O Gasto Energético Total (GET) é o índice mais importante na recuperação dos casos. A presença de uma ou mais doenças crônicas degenerativas exerce influência nas recomendações do plano alimentar. No exemplo, há a presença de hipercolesterolemia, as recomendações dietéticas serão, então, baseadas numa dieta pobre em colesterol. O hábito intestinal, frequência de evacuações, alergias e intolerâncias alimentares também são considerados fatores importantes para a elaboração de um plano alimentar. A prescrição dietética é expressa através de um cardápio (com sugestões de refeições e uma lista de substituições de alimentos) que contempla as recomendações nutricionais. Juntamente com o cardápio, também é fornecida uma lista de substituições de alimentos segundo equivalentes calóricos. O plano alimentar é o conjunto formado pela prescrição dietética, pela sugestão de cardápio e pelas recomendações gerais. O plano alimentar é elaborado através da tarefa de projeto. Há uma prescrição dietética e um cardápio básico; a partir dele, são feitas as adaptações necessárias para cada caso. Após a realização dos testes com os protótipos e com os casos, foi feita a validação do instrumento que facilitou a aquisição do conhecimento, agilizou a recuperação e forneceu conhecimento para efetuar a adaptação: a Memória Prototípica.

4.7. CONCLUSÃO

A meta do sistema desenvolvido na presente dissertação é prescrever um plano alimentar individualizado, através do diagnóstico de risco nutricional para doenças crônicas degenerativas que possuam relação com a alimentação. A técnica de IA escolhida foi a de Raciocínio Baseado em Casos, devido a sua reduzida necessidade de conhecimento na etapa de aquisição e à sua facilidade de representação do conhecimento.

Em sistemas de RBC, os casos são uma interpretação das experiências do domínio modeladas para executar a tarefa do sistema. A experiência nutricional é representada pela consulta com um indivíduo que possui um distúrbio nutricional. No sistema em questão, os riscos nutricionais foram classificados em protótipos e os casos representam a conduta nutricional, que é a prescrição dietética.

Com a utilização dos protótipos, procurou-se abranger todas as principais categorias de risco nutricional. Com isso, buscou-se facilitar a aquisição de conhecimento, agilizar a recuperação e adquirir o conhecimento necessário para a adaptação. Os casos representam a consulta nutricional: a solução representa a prescrição de planos alimentares. A individualização da dieta foi conseguida através dos atributos adaptáveis dos casos. Estima-se que sejam necessários cerca de 2000 a 3000 casos para preencher os atributos que conferem individualização ao plano alimentar. A base de casos foi segmentada a fim de classificar os casos dentro das categorias de risco nutricional. Os protótipos apontam para os casos que apontam para as soluções. Essa organização de protótipos, casos e seu mecanismo de acesso denomina-se Memória Prototípica.

A Memória Prototípica foi utilizada com o objetivo de conferir facilidade na aquisição do conhecimento, velocidade na recuperação dos casos e redução da necessidade de adaptação. No próximo capítulo, detalhes sobre a Memória Prototípica são apresentados, bem como as bases para a sua construção.

5. A MEMÓRIA PROTOTÍPICA

Os objetivos da utilização da Memória Prototípica são facilitar a aquisição dos casos, agilizar a recuperação e adquirir o conhecimento para a adaptação. A construção da Memória Prototípica torna-se a meta fundamental para a viabilização de um sistema de IA em Nutrição, conforme o proposto no capítulo anterior. Após a construção, buscou-se a validação para garantir a eficácia de resultados obtidos com o seu emprego.

As dificuldades com a aquisição do conhecimento e com a recuperação dos casos são superadas com o emprego de protótipos. No presente sistema, os protótipos são as classes de riscos nutricionais que apontam para uma categoria de prescrição dietética. Denomina-se Memória Prototípica o conjunto de protótipos e o seu mecanismo de acesso a eles. Esse modelo de memória foi utilizado pela primeira vez por Bareiss e Slator (1991) no sistema PROTOS, que efetua o diagnóstico de distúrbios auditivos (vide seção 3.2.6. A Memória Prototípica). Neste capítulo, são apresentados os passos seguidos para o desenvolvimento do sistema utilizando a Memória Prototípica.

5.1. A CONSTRUÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA

O emprego da Memória Prototípica é recomendado para a tarefa de diagnóstico ou classificação, pois o seu objetivo é classificar todo novo caso de entrada em uma classe representada por um protótipo na memória (Kolodner, 1993). O acesso aos protótipos é feito através da avaliação de similaridade que classifica cada caso de entrada verificando quais os atributos similares a cada caso prototípico. Os índices são atributos que são utilizados como orientação para a avaliação de similaridade. No presente sistema, os índices são os indicadores de risco nutricional, ou seja, são indicadores que

apontam se o indivíduo apresenta risco de adquirir uma doença crônica degenerativa que possua relação com a sua alimentação.

Os índices dos protótipos não são adaptáveis, por isso guiam a recuperação e são responsáveis pela delimitação das diferenças entre as classes de risco nutricional. Contudo, todas as combinações possíveis dos índices levaria a um número excessivamente grande que não atingiria os objetivos de redução de tempo de busca. Além disso, não representariam as classes de risco nutricional associadas às doenças crônicas degenerativas. É importante notar que os índices escolhidos são os atributos que possuem influência na determinação das recomendações da prescrição dietética. Outros sintomas ou características são considerados atributos adaptáveis (discutidas na seção 3.2.1.4. Adaptação). As características adaptáveis são responsáveis pela definição de parâmetros individuais na construção da prescrição da dieta. A definição destes atributos é feita com base em conhecimento especialista.

A Memória Prototípica é construída considerando-se variações nos sintomas, objetivos e outras características relevantes que não podem ser adaptadas, representando as categorias baseadas na aquisição de conhecimento com especialistas. As características relevantes nos protótipos são os indicadores de risco nutricional (IMC, relação cintura/quadril, e antecedentes médicos). Se não houver casos candidatos suficientemente similares ao caso de entrada, então o sistema procederá a adaptação, segundo parâmetros pré-estabelecidos por especialistas. O resultado desta adaptação deverá ser avaliado por especialistas e, se for considerado satisfatório, poderá ser armazenado na base de casos.

5.2. A CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Os objetivos principais da construção de protótipos são facilitar a aquisição do conhecimento, a recuperação dos casos e adquirir o conhecimento necessário para a adaptação, selecionando o conjunto mais apropriado de recomendações para delinear a

prescrição da dieta. Desta forma, buscou-se transpor os obstáculos da aquisição e representação do conhecimento, além de agilizar a busca dentro do sistema.

Os índices dos protótipos, orientam a classificação do caso de entrada em uma categoria de risco nutricional representada em cada protótipo. As principais categorias de risco nutricional são:

- Desnutrição leve;
- Eutrófico: peso compatível com a manutenção da saúde;
- Sobrepeso;
- Obesidade moderada ;
- Obesidade mórbida.

Os índices são responsáveis pela delimitação das diferenças entre os protótipos. Ou seja, foram considerados índices os indicadores de risco nutricional, como o Índice de Massa Corporal, a relação cintura/quadril e a presença de doenças crônicas degenerativas. Os índices escolhidos são os atributos considerados não adaptáveis e possuem influência na determinação das recomendações da prescrição dietética. Por exemplo, um indivíduo que foi classificado em obesidade moderada apontará para um caso cuja a solução seja uma dieta para redução de peso.

Durante a construção dos protótipos, verificou-se que o conceito de adaptabilidade de atributos é muito importante. Os atributos não adaptáveis são os índices, pois classificam o caso de entrada numa categoria de risco nutricional. Após a recuperação do respectivo protótipo, o sistema busca o caso mais similar dentro daquela categoria de risco nutricional para encontrar a solução mais adequada. É recomendável que os procedimentos para o diagnóstico em Nutrição sejam determinados segundo especialidades (vide seção 2.2. O Diagnóstico Nutricional). Por esse motivo, optou-se pelas categorias de risco nutricional para doenças degenerativas para realizar o diagnóstico implícito no sistema proposto. Antes de atingir o número ideal de protótipos foram realizados alguns testes, cujos resultados são discutidos a seguir.

4.2.1. Primeiros testes com os protótipos

Os protótipos representam categorias de risco nutricional para doenças crônicas degenerativas em que a alimentação exerce um papel preponderante. Cada protótipo deve representar uma classe distinta de risco nutricional, em que cada caso possa ser inserido. Por isso é necessária a clara distinção entre os protótipos. Para se chegar a essa conclusão foram realizados alguns testes que consideram muitos atributos.

Inicialmente, foram construídos 11 protótipos combinando os atributos sexo, diagnóstico médico e risco nutricional indicado pelo IMC. Ao testar a recuperação dos protótipos, verificou-se que não havia diferenças significativas quanto à similaridade dos protótipos em que os casos se encaixaram. Por exemplo, do protótipo mais similar para o menos similar, o valor de similaridade foi muito próximo: o primeiro com 100% de similaridade e o segundo com 98%.

Esta proximidade quanto à similaridade levou a dois questionamentos:

- Quais são os fatores mais relevantes para a prescrição dietética?
- As características consideradas nos protótipos são realmente não adaptáveis?

A função do protótipo é facilitar a classificação do caso de entrada numa categoria de risco nutricional que aponta para uma prescrição dietética. Nesta etapa é realizado o diagnóstico nutricional através dos seus indicadores, principalmente os antropométricos.

Com a realização dos testes verificou-se que os atributos sexo, idade e antecedentes médicos podem ser adaptados nos casos, conferindo-lhes maior possibilidade de individualização. A individualização da dieta é feita a partir dos casos contidos nos protótipos através da tarefa de projeto. A presença ou não das doenças foi considerada uma característica adaptável, visto que a prescrição dietética muda de caso para caso, variando as recomendações nutricionais quanto às calorias e macronutrientes, com a inclusão ou restrição de nutrientes (dieta rica em fibras ou pobre em colesterol etc.) conforme o caso. Por exemplo, um caso classificado em sobrepeso com antecedente

médico de hipercolesterolemia poderia ter a mesma prescrição dietética, quanto a calorias, de um caso classificado em obesidade moderada, alterando-se somente alguns nutrientes. Portanto, o que realmente determina a diferenciação dos riscos nutricionais são os indicadores IMC e relação/cintura quadril. Os demais atributos são considerados adaptáveis e podem ser os índices dos casos. Portanto, a classificação dos protótipos foi reduzida para cinco.

O PROTOS foi construído com seis exemplares prototípicos, representando as categorias mais importantes de distúrbios auditivos. O que permitiu a aprendizagem e a adaptação do sistema foi a agregação dos casos novos classificados nos protótipos, sempre com a supervisão inicial de especialistas do domínio.

5.2.2. Os protótipos definitivos

Com base nos resultados dos testes, verificou-se que é possível classificar em cinco categorias de risco nutricional todos os indivíduos considerados no escopo do sistema. Para tanto, utilizou-se indicadores de risco nutricional: o Índice de Massa Corpórea (IMC) e a relação cintura/quadril. Os cinco protótipos criados possuem menos atributos, mas possibilitaram uma classificação mais representativa dos casos. São eles:

- Eutrófico (peso normal): sem risco;
- Desnutrição leve: risco leve;
- Sobrepeso: risco leve;
- Obesidade moderada: risco moderado;
- Obesidade mórbida: risco grave.

O IMC e a relação cintura quadril foram considerados os atributos mais importantes no momento da recuperação do protótipo, pois fornecem um bom panorama do estado nutricional do indivíduo e o classifica em importantes níveis de comprometimento do estado nutricional. Com isso, chegou-se a cinco protótipos, que representam os principais níveis de comprometimento nutricional segundo o IMC e a

relação cintura/quadril. Os protótipos, elaborados a partir das cinco categorias considerada as mais importantes e representativas foram os seguintes:

➤ **Protótipo 1 – eutrófico**

IMC: 18 – 25 kg/m²

Cintura/quadril: 0,4 – 0,8

Diagnóstico médico: nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma

➤ **Protótipo 2 – sobrepeso e diabetes tipo II**

IMC: 25 - 30 kg/m²

Cintura/quadril: 0,8 – 1,0

Diagnóstico médico: diabetes tipo 2 ou nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma ou hipoglicemiante oral

➤ **Protótipo 3 – obesidade moderada e diabetes tipo II**

IMC: 30 - 35 kg/m²

Cintura/quadril: 0,8 – 1,0

Diagnóstico médico: diabetes tipo 2 ou nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma ou hipoglicemiante oral

➤ **Protótipo 4 – obesidade mórbida**

IMC: 35 - 40 kg/m²

Cintura/quadril: 0,8 – 1,0

Diagnóstico médico: diabetes tipo 2 ou nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma ou hipoglicemiante oral

➤ **Protótipo 5 – desnutrição leve**

IMC: 15 - 18 kg/m²

Cintura/quadril: 0,5 - 0,8

Diagnóstico médico: nada digno de nota

Número de evacuações: 3 a 7 vezes/semana

Consistência das fezes: Normal a pastosa

Medicação: nenhuma

Definidos os cinco protótipos, passou-se à fase de aquisição de casos para o preenchimento da seção da memória de acordo com eles. O próximo passo é a validação da memória prototípica.

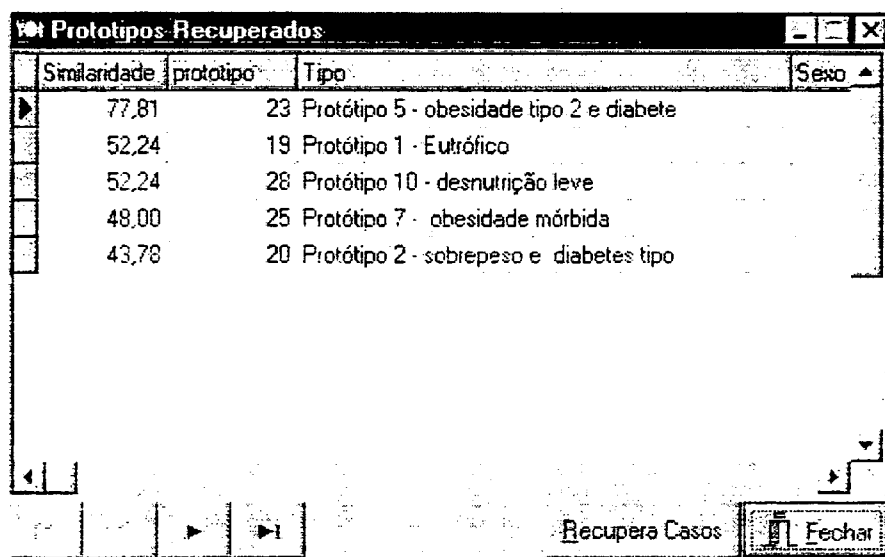
5.3. VALIDAÇÃO DA MEMÓRIA PROTOTÍPICA

Os sistemas desenvolvidos em RBC não possuem metodologias próprias para a validação do sistema, tampouco da memória empregada (Watson, 1996). O presente trabalho pretende validar a Memória Prototípica através da sua utilidade e eficiência no diagnóstico. Como foi demonstrado na seção 3.2.7. Validação e Verificação), a verificação avalia o grau de precisão na realização das tarefas propostas e a validação verifica a eficiência com relação as tarefas propostas. Buscou-se, inicialmente, validar a Memória Prototípica por ser esta uma ferramenta que contribuiu para o desenvolvimento do sistema proposto.

A validação foi realizada através de especialistas de Nutrição que opinaram a respeito das recuperações feitas pelo sistema. Os casos de entrada foram classificados corretamente nos protótipos em 100% dos testes, com uma distância satisfatória do protótipo mais similar para os demais. Com relação aos casos recuperados, verificou-se uma precisão, considerada regular, que denotou a necessidade da aquisição de mais casos para tornar a recuperação mais eficiente. Com a aquisição de mais casos, distribuídos homogeneamente entre os protótipos, a necessidade de adaptação tende a ser menor.

A verificação do sistema, sugerida por Watson (1997), contribuiu para a validação da Memória Prototípica, pois se o sistema apresenta um bom desempenho, consequentemente a memória é válida. Portanto, durante os testes para a verificação, o sistema mostrou-se:

- **preciso na recuperação:** testou-se os protótipos com 20 casos que fazem parte da base de casos e obteve-se uma média de 85,84 de similaridade com desvio padrão de $\pm 8,6$, como pode-se observar na figura 10. Quanto à precisão no diagnóstico através dos protótipos o sistema obteve um acerto de 98%.



Similaridade	protótipo	Tipo	Sexo
77,81	23	Protótipo 5 - obesidade tipo 2 e diabete	
52,24	19	Protótipo 1 - Eutrófico	
52,24	28	Protótipo 10 - desnutrição leve	
48,00	25	Protótipo 7 - obesidade mórbida	
43,78	20	Protótipo 2 - sobrepeso e diabetes tipo	

Figura 10: Medida de similaridade na recuperação de um protótipo

- **consistente na recuperação:** testou-se a recuperação dos mesmos casos por duas vezes e a precisão na recuperação foi a mesma;
- **eficaz na duplicação de casos:** um caso somente combinou exatamente com ele mesmo, não havendo dois casos idênticos na base de casos;
- **adequado quanto à cobertura dos casos:** buscou-se contemplar nos protótipos as principais categorias de risco nutricional e, através da aquisição de casos, obter uma prescrição de planos alimentares mais individualizada possível;

Quanto a este último requisito, o sistema encontra-se em fase de preenchimento de casos. Como foi apresentado seção 4.2. A representação dos casos), os casos viáveis foram poucos para preencher totalmente o sistema. Segundo especialistas consultados, a base de casos estará suficientemente preenchida quando contemplar todas as variações dos atributos considerados em cada caso. Procura-se atingir este objetivo através da adaptação, realizada com a supervisão de especialistas.

5.4. CONCLUSÃO

Os objetivos da utilização da Memória Prototípica no sistema proposto nesta dissertação foram alcançados:

- Aquisição do conhecimento: a classificação na forma de protótipos das categorias de risco nutricional e a divisão da base de casos de acordo com os protótipos reduziram a necessidade de aquisição do conhecimento para executar a tarefa de diagnóstico.
- Agilização da recuperação dos casos: não é necessário procurar os casos candidatos por toda a base de casos. Basta procurar pelos casos inseridos nos respectivos protótipos.

A determinação de cinco protótipos que representam as principais categorias de risco nutricional é suficiente do ponto de vista nutricional, pois permite classificar todos os indivíduos nas categorias de risco para doenças crônicas degenerativas; sob a ótica da Engenharia do Conhecimento, equacionou o problema da construção de uma grande base de casos.

Quanto à validação da memória, ela foi considerada eficiente por ter conseguido atingir os objetivos propostos e por ter fornecido respostas corretas, segundo a avaliação de especialistas. A utilização da Memória Prototípica possibilitou ao sistema a execução da tarefa de diagnóstico, de forma inteligente, o que é fundamental para a prescrição de planos alimentares.

A individualização dos planos alimentares é feita através da tarefa de projeto e também através de adaptação. Todo o conhecimento para a adaptação será adquirido a partir desta Memória Prototípica. Contudo, antes do presente sistema tornar-se definitivo, ainda deve ser testado por especialistas que indicarão a necessidade de adaptação.

6. CONCLUSÃO

A presente dissertação propõe a criação de um sistema computacional capaz de prescrever planos alimentares através de diagnóstico nutricional para a prevenção e tratamento de doenças crônicas degenerativas, utilizando uma ferramenta de Inteligência Artificial: o Raciocínio Baseado em Casos.

Os sistemas computacionais de RBC utilizam as experiências contidas na memória para responder a questões referentes a novos problemas. No domínio da Nutrição, a experiência é representada pela consulta nutricional. Ao comparar consultas de pacientes com características semelhantes, o sistema de RBC pode diagnosticar riscos nutricionais e prescrever um plano alimentar individualizado para um novo paciente, sem refazer o processo de raciocínio anteriormente empregado. Com o emprego desta técnica é possível recuperar rapidamente uma solução para um problema de projeto sem precisar construir um novo, tomando como base projetos similares. O que torna a técnica de Raciocínio Baseado em Casos diferente de outras técnicas de IA é a sua capacidade de utilizar o conhecimento adquirido em uma experiência para resolver problemas manifestados em outra experiência semelhante. Outro diferencial está em que sistemas de RBC retêm cada nova solução, tornando-a disponível para a resolução de futuros problemas. A facilidade de implementação do RBC e a sua adaptabilidade a um grande número de domínios de conhecimento têm sido demonstradas através de aplicações científicas e comerciais.

A construção de sistemas baseados em conhecimento envolve alguns tópicos, entre eles a aquisição e representação do conhecimento. Muitos autores consideram estes tópicos como os gargalos da IA. Para a resolução destes obstáculos procurou-se uma técnica que permitisse uma fácil aquisição de conhecimento, que fosse ágil na recuperação de soluções e que diminuísse a necessidade de adaptação, outro tópico considerado gargalo no desenvolvimento de sistemas inteligentes. O emprego da memória prototípica colaborou para superar as dificuldades encontradas.

A prescrição de dietas através de diagnóstico nutricional é uma tarefa que pode ser realizada através da classificação dos riscos nutricionais. Os riscos nutricionais são classificados em protótipos que apontam para uma base de casos específica para cada protótipo. As prescrições de planos alimentares estão associadas aos casos. O diagnóstico foi feito através dos protótipos e a prescrição dos planos alimentares foi realizada através da tarefa de projeto.

A utilização desse modelo de memória possibilitou a superação dos gargalos, facilitando a aquisição de conhecimento, agilizando o processo de busca e adquirindo o conhecimento necessário à adaptação. O emprego da Memória Prototípica permite a implementação de uma base de protótipos que compreende as mais importantes categorias de prescrição dietética associadas a um diagnóstico nutricional. Desse modo, faz-se uma primeira busca para verificar em que categoria de prescrição dietética o caso de entrada se classifica. Depois, o caso mais similar contido naquele protótipo é recuperado, apontando a melhor solução para o caso de entrada, através da tarefa de projeto.

O problema da aquisição de conhecimento contornado através do emprego da Memória Prototípica. Os protótipos serviram de base para classificar o paciente em categorias de risco nutricional, restringindo a busca na base de casos dentro da respectiva categoria. Com isso, obteve-se maior agilidade na recuperação de casos pelo sistema e diminuiu-se a necessidade de adaptação no sistema.

Os sistemas baseados em RBC não possuem metodologias próprias para a validação da memória empregada. O presente trabalho efetuou a validação da Memória Prototípica com o auxílio de testes. Quanto à validação da memória, ela foi considerada eficiente por ter conseguido atingir os objetivos propostos e por fornecer respostas corretas, segundo a avaliação de especialistas. A utilização da Memória Prototípica possibilitou ao sistema a execução da tarefa de diagnóstico, de forma inteligente, o que é fundamental para a prescrição de planos alimentares.

6.1. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O sistema de prescrição de planos alimentares desenvolvido na presente dissertação mostrou-se eficaz quanto aos mecanismos de aquisição de conhecimento, recuperação e na tarefa de classificação. O conhecimento necessário para a adaptação e aprendizagem será extraído em conjunto com especialistas em Nutrição.

O sistema apresentou deficiências na tarefa de prescrever o plano alimentar ideal para o exemplo citado. Isto se deve ao número insuficiente de casos. Contudo, é preciso encontrar um número adequado de casos que não torne a recuperação lenta e que apresente o conhecimento necessário para que o sistema realize a adaptação automaticamente. Para atingir este objetivo, estima-se que cada protótipo seja preenchido com um número de casos significativo, que englobe as possíveis variações dos atributos dos casos. Os requisitos de conhecimento para a adaptação devem ser suficientes para viabilizar a sua representação. A exemplo do CAMPER, o sistema híbrido desenvolvido em RBC e Sistema Baseado em Regras (3.2.9.3. O CAMP), possa utilizar-se de regras para incrementar a adaptação. O número de casos deve ser testado ao longo do tempo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN HEART ASSOCIATION. **AHA low-fat, low-cholesterol cookbook: heart-healthy, easy-to-make recipes that taste great**. Random House, Canadá, 1997.
- ASSIS, Maria Alice A.. **Consulta de nutrição, controle e prevenção do colesterol elevado** Ed. Insular, Florianópolis, Brasil, 1997.
- BALINTIFY, J. L., Menu planning by computer, **Communications of the ACM**, vol. 7, nº4, p 255-259, April, 1964.
- BAREISS, E.R. & SLATOR, B.M.. From PROTOS to ORCA: Reflections on a Unified Approach to Knowledge Representation, Categorization, and Learning. Northwestern University, Institute for The Learning Sciences, **Technical Report** no. 20, 1991
- BARRETO, Jorge Muniz **Inteligência Artificial**. No limiar do século XXI, Duplic, Florianópolis, 1997.
- BASSHAM, S.; FLETCHER, L. R.. Microcomputers and clinical dietetics. In: **Progress in human nutrition**, frontiers of gastrointestinal research , Ed. Basel, Karger, 1988.
- BAXTER, Yara C., BORGHI, Roseli, MACULEVICIUS, Janete. Diagnóstico nutricional: criação, implantação e Perspectivas. **II Curso de Recentes Avanços em Unidade de Nutrição Hospitalar**, Hospital das Clínicas FMUSP, Divisão de Nutrição e Dietética, São Paulo, 1993.
- BENCH - CAPON, T, J. M.. **Introduction to knowledge representation, in: Knowledge representation na approach to artificial intelligence**. Academic press, The A. P. I. C. Series, nº32, 1990.
- BIESEMEIER, Chris; CHIMA, Cinda S. Computerized patient record: are we prepared for our future practice? **JADA**, 97 (10) 1099-1104, 1997.

- BLUMBERG, J. B.. Public health implications of preventive nutrition. In: **Preventive nutrition: the comprehensive guide for health professionals**. Humana Press Inc., Totowa, EUA, 1997.
- BRACHMAN, R. On the epistemological status of semantic networks. In: **Associative Networks, Representation and Use of Knowledge by Computer**. Academic Press, 1979.
- BUCHANAN, Bruce; SHORTLIFFE Edward H.. **Rule-based expert system**. Addison-Wesley publishing company, 1985.
- BUZZARD, Marilyn et al. Considerations for selecting nutrient-calculation software: evaluation of the nutrient database. **American Journal of Clinical Nutrition**, USA, n. 54, p. 7-9, 1991.
- CAMARGO, Katia Gavranich, THÉ, Maria Alice Lagos, WEBER, Rosina, MARTINS, Alejandro, BARCIA, Ricardo M.. Design nutritional programs with case-based reasoning . Medical applications. **6th Germany Workshop on Case-Based Reasoning**, Berlin, March, 1998.
- CUNHA, Fernanda. Sistemas Especialistas. [online] Disponível na Internet via <http://www.eps.ufsc.br/disserta/cunha/>. Arquivo capturado em 15 de maio de 1998.
- CYRE, Walling. Capture, Integration and Analysis of Digital Requirements with Conceptual Graphs. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, 9, 1, 1997.
- DEAN, T., ALLEN, J., ALOIMONOS, Y.. **Artificial Intelligence Theory and Practice**. Addison-Wesley Publishing Company, Menlo-Park, (1995).
- DELEEuw, E. R., WINDHAM, C., T., LAURITZEN, G., C. and WYSE, B. W.. Developing menus to meet current Dietary Recommendations: implications e applications, **Journal of Nutrition Education**, vol. 24 (3), p:136-143, May/June, 1992.
- DESPRES, J. P.. Abdominal obesity as an important component of insulin-resistance syndrome. **Nutrition**, 9: 452-459, 1993.

- DOLLAHITE, J., FRANKLIN, D. and MCNEW, R.. Problems encountered in meeting the Recommended Dietary Allowances for menus designed according to the Dietary Guidelines for Americans. **Journal of American Dietetic Association**, Vol. 95 (3), p:341-347, March 1995
- DURKIN, J.. **Expert systems design and development**. Prentice Hall, USA, 1994.
- ECKSTEIN, Eleanor Foley. Menu planning by computer: the random approach. **Journal of American Dietetic Association**, 51, 529-533, 1967.
- ELAZARI, Y., BAR-CHI, D. and SINUANY-STERN, Z.. Menu planning via computer simulation. **Computers, Environment and Urban Systems**, vol.10, (2), p: 81-87, 1985.
- FESKANICH, Diane, M. S.. Comparison of a computerized and manual method of food coding for intake studies, **Journal of American Dietetic Association**, USA, n. 10, vol 88, p. 1263-1267, outubro 1988.
- FERREIRA, Aurélio B. de H.. **Novo Dicionário Aurélio**, Ed. Nova Fronteira, 1975.
- FRANK, Gail C. Dr. P.H., R.D..et al. Guidelines for selecting a dietary analysis system **Journal of American Dietetic Association**, USA, n. 1, vol 86, p. 72-75, janeiro 1986.
- GALOTRA, V., RAMACHADRAN S., SINGH, H. and BAJAJ, K., K.. Nutrition diet programme - an expert system, Artificial Intelligence Division National Informatics Centre, New Delhi, Índia, artigo não publicado, 1991.
- GANESHAN, K. and FARMER,J.. Menu planning system for a large catering corporation. **Proceedings of the Third International Conference on the Practical Application of Prolog**, Paris, França, 1995.
- GARCIA, ROSA W. D.. Um enfoque simbólico do comer e da comida nas doenças. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Nutrição**, Blumenau, SC, 1989.
- GARNER, B. J., Larkin, C., Tsui, E.. Prototypical knowledge for case-base reasoning, **Proceedings: Case-Based Reasoning Workshop**, DARPA, maio de 1989.

- GEVARTER, W., B.. **Artificial Intelligence, Expert Systems, Computer Vision and Natural Language Processing**, New Jersey, Noyes Publications, 1984.
- GOODRICK, K. G., FOREYT, J. P.. Why treatments for obesity don't last. **JADA**, 91: 1243-1247, 1991.
- GOEL, Ashok K. and CHANDRASEKARAN, B.. A task structure for Case-Based Design **IEEE**, 587-592, 1990.
- GUPTA, Uma. **Validating and Verifying knowledge-based systems**. IEEE Computer Society Press, 2^o ed, 1992.
- HAMMOND, Kristian J.. CHEF: A model of case-based planning. **Proceedings of AAAI-86**. Cambridge, MA: AAAI Press/MIT Press, 1986.
- HEINISCH, R. H., WEBER, R., MARTINS, A., BARCIA, R. M.. Representing medical decision making strategies in a CBR system. **6th German Workshop on Case-Based Reasoning**, Alemanha, 1998.
- HINRICH, T. & KOLODNER, J.. The roles of adaptation in case-based design. **Proceedings of AAAI-91**, Cambridge, MA: AAAI Press/MIT Press, 1991,
- HOP GOOD, Adrian A.. **Knowledge-based systems for engineers and scientists**. CRC Press, 1993.
- HORN, W.; POPOW, C.; MIKSCH, S.; SEYFANG, A.. Quicker, more accurate nutrition plans for newborn infants. **IEEE Intelligent Systems**, January/February, 1998.
- KINDER, F.. **Meal management**, Macmillan, New York, 1956.
- KOLODNER, Janet. **Case-based reasoning**. Ed. Morgan Kaufmann, 1993.
- KRAUSE, Kathleen L. and MAHAN, Arlin T.. **Alimentos, Nutrição e dietoterapia**. 8^a edição, Ed. Afiliada, 1995.
- LEAKE, David. CBR in context: the present and future. In: **Case-Based Reasoning Experience, Lessons & Future Directions**. Cambridge, AAAI Press, MIT Press, 1996.

- _____. A tutorial introduction to case-based reasoning.
- LEE, Robert D. et al. Comparison of eight microcomputer dietary analysis programs with the USDA NUTRIENT DATA BASE for standard reference. **Journal of American Dietetic Association**, USA, n. 8, vol 95, p. 858-867, agosto 1995.
- LENZ, Mario, BURKHARD, Hans-Dieter and Pirk, Petra, et al, CBR for diagnosis and decision support. **AI Communications**, 9, 138-146, 1996.
- LUGER, G. e STUBBLEFIELD, W.. **Artificial Intelligence: structures and strategies for complex problem solving**. The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, California, 1993.
- FU, Limin. Knowledge Acquisition. In: **Neural networks in computer intelligence**. McGraw Hill, 1994.
- LOTTENBERG, Ana M. P.. Quarteto Mortal. **Nutrição em Pauta**, anoIII (11), março/abril de 1995.
- MAHER, Mary Lou and Garza, Andrés, G., S.. Case-based reasoning in design, **IEEE**, 34: 41, 1997.
- MARLING, Cindy. The Case-based menu planner (CAMP). Available online, <http://toros.ces.cwru.edu/~marling/camp.html>, [September, 1997].
- _____. **Integrating case-based and rule-based reasoning in knowledge-based systems development**, tese de doutorado, EUA, agosto 1996.
- MCARDLE, William O, Katch, Frank I.. Energia, nutrição e desempenho humano. In: **Fisiologia do Exercício**, p. 3, Ed Afiliada, 1992.
- MEISLER, J. G., St Jeor, S. T., Casey, V., Shapiro, A., Wynder, E. L., Proceedings of the roundtable on healthy weight. American Health Foundation. **Am. J. Clin. Nutr.**, (63) supl 3, p:409S-477S, 1996.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA EXECUTIVA, DATASUS. **Tabela de Mortalidade CID10, óbitos por ocorrência por causa, faixa etária acima de 60**

- anos, ambos os sexos, período 1996.**[online] Disponível na Internet através de <http://www.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/dybr.def>. 24 de Janeiro de 1998.
- MINSKY, M.. A framework for representation knowledge. In: Winston, P. (ed.) **The Psychology of computer vision**. McGraw-Hill, 1975.
- MOURADIAN, W.. Knowledge Acquisition in a Medical Domain, **AI Expert**, p. 35-38, July, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Recommended Dietary Allowances**. 10th ed. (pp. 26-29) Washington, DC: National Academic Press, 1989.
- NONAS, Cathy, A.. A model for chronic care of obesity through dietary treatment. **JADA**, 98 (10) (suppl. 2): S16-S22, October, 1998.
- OLSON, J. E. and REUTER, H. H.. Extracting expertise from experts: methods for knowledge acquisition. **Expert Systems**, vol. 4, nº 84, p. 231-259, 1997.
- OXMAN, R.; VOSS, A.. CBR in design, **AI Communications** 9, 117-127, 1996.
- PADILLA, Geraldine V, PhD.. O papel da nutrição na qualidade de vida. **Atualidades dietéticas**, Abbot, Ano I, (2), Agosto de 1994.
- PENNINGTON, J. A. T.. Methods for obtaining food consumption information. In: **Monitoring Dietary Intakes**, Springer-Verlag, 1991.
- PI-SUNYER, F.. Health implications of obesity. **Am J Clin Nutr.**, (53), p:159S-160S, 1991.
- PLAZA, E., AAMODT, A.. Case-Based Reasoning: Foundational Issues. Methodological Variations, and System Approaches. **AI Communications**, 7(1), 39-59, 1994.
- POULIOT, M.C., et al. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in man and woman. **Am. J. Cardiol**, v. 73, p.460-468, Mar.1994.

- _____. Visceral obesity in men: associations with glucose tolerance, plasma insulin, and lipoprotein levels. **Diabetes**, 41: 826-834, 1992.
- QUEIROZ, MARIA JOSÉ de. **A comida e a cozinha. Iniciação à arte de comer**. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1988.
- QUILLIAN, M. R.. Semantic Memory. In: **Semantic information processing**, M. L. Minsky (ed.), MIT Press, Cambridge, Mass., 1968.
- RABUSKE, Renato Antônio. **Inteligência Artificial**. 1.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1995.
- RAIDL, Martha et al. Computer-assisted instruction improves clinical reasoning skills of dietetics students, **JADA**, 95 (8), 868: 873, 1995.
- RAZOWSKI, S. J., MORENO, M.. Effect of westernization of nutritional habits on obesity in Latin America, in: **Preventive Nutrition: The Comprehensive Guide for Health Professionals**, Human Press Inc., Eua, 1997.
- REIS, Nezir Trindade. Ações em nutrição clínica. **Anais Congresso Brasileiro De Nutrição**, Blumenau, (SC)1991
- RICH, Elaine. **Inteligência Artificial**. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1993.
- RIESBECK, C. K. e SCHANK, R. C.. **Inside Case-Based Reasoning**. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, New Jersey, 1989.
- RIPPE, James; CROSSLEY, Suellen; RINGER, Rhonda. Obesity as chronic disease: modern medical and lifestyle management, **JADA**, 98 (10) (suppl 2): S9-S15, October, 1998.
- ROGERS, E.. AI and the changing face of health care. **IEEE Intelligent Systems**, January/February, 1998.
- RÓNAI, Paulo. **Dicionário Universal Nova Fronteira de Citações**, Ed. Nova Fronteira, 1985.
- SCHANK, Roger. **Dynamic Memory : A theory of learning in computers and people**. New York: Cambridge Univ. Press, 1982.

- _____, KASS, A. e RIESBECK, C.. **Inside case-based explanation**. Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, N. J., 1994.
- _____, ABELSON, R.. **Scripts, plans, goals and understanding**. Northvale, Ed Erlbaum, 1977.
- SCHNEIDER, M; KANDEL, A; LANGHOLZ, G; et. al. **Fuzzy Expert System Tools**, England, John Wiley & Sons Ltda, 1996.
- SCHMIDT, Rainer, GIERL Lotar, The roles of prototypes in medical case-based reasoning systems, 3th Germany Workshop, 1995.
- SERVIÇO DE ATENDIMENTO AMBULATORIAL DA DIVISÃO DE NUTRIÇÃO E DIETÉTICA DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - PFIZER. **Dieta e orientação.**
- SIMOUDIS, E.. Special Issue on Case-Based Reasoning. **International Journal of Expert Systems**, 4 (2), 1991.
- SOWA, J. F.. Conceptual Structure: Information Processing. In: **Mind and Machine**. Addison-Wesley, Reading, 1984.
- SPEARS, M. C.. **Foodservice oraganizations: a managerial and systems approach**. 3rd ed., Macmillan, New York, 1995.
- SPIEGELMAN, D.et al. Absolute fat mass, percent body fat and body fat distribution: wich is the real determinant of blood pressure and serum glucose? **Am J Clin Nutr**, 55: 1033-1044, 1992.
- ST JEOR, S. T.. New trends in weight managment. **J Am Diet Assoc.** vol 10, (97), p:1096-1098, 1997.
- STARE, F., WHELAN, E.. **Fad-free nutrition**. Publishers Press, Canadá, 1998.
- TURBAN, E.. **Decision support and Exper Systems**. Management support systems. 4^a ed. Ed. Prentice Hall International, 1995.

- UMEDA, Yasushi and Tomiyama, Tetsuo, Functional reasoning in design, **IEEE Expert**, march-april, 42-56, 1997.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, PHILIPPI, S. T., LATERZA, A. R., CRUZ, A. R., FISBERG, R. M.. **Pirâmide alimentar adaptada**, (folheto), São Paulo, 1997.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Pós graduação em engenharia de produção, Raciocínio baseado em casos, por Rosina Weber (apostila), agosto de 1997.
- U. S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, Ideas for better eating: manus and recipes to make use of Dietary Guidelines, Science and education Admnistration, human Nutrition, U. S. Government Printing Office, Washington, DC, 1981.
- U. S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURE, Human Nutrition Information Sewrvice, The Food Guide Pyramid, Home and Garden Bulletin Number 252, U. S. Government Printing Office, washington, DC, 1981.
- U. S. DEPARTAMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Phisical activity and health. A report of Surgeon General, Atlanta, 1996.
- WANNAMETHE, S. G., Healthy lifestyles encourages healthy old age. **Arch. Intern. Med.**, vol 158, p. 2433-2440, December, 1998.
- WATERMAN, D. A.. **A guide to expert systems**. Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- WATSON, Ian. **Applying case-based reasoning, techniques for enterprise systems**. Morgan Kaufmann, California, 1997.
- WEBER, R.. **Intelligent jurisprudence research**. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 1998.
- WENCK, D. A., Baren, M. and Dewan, S. P.. **Nutrition: the callenge of being well nourished**, 2nd ed., Reston Publishing, Reston, VA, 1983

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases. Report of a WHO Study Group. **WHO Technical report, Series num. 797.** Geneva: World Health Organization., 1990.

_____. Prevention and management of global epidemic of obesity. **Report of the WHO Consulting on Obesity.** Geneva: World Health Organization, 1997.

YANG, N.. **An expert system on menu planning,** M.S. thesis, Department of computer engineering and science, Case Western Reserve University, Cleveland, OH, 1989.

APÊNDICE

Tabela 5: Equações para calcular a TMB a partir do peso corporal ideal

Intervalo de idade (anos)	Cal/dia
Homens	
10-18	$17,5P + 651$
18-30	$15,3P + 679$
30-60	$11,6P + 879$
+60	$13,5P + 487$
Mulheres	
10-18	$12,2P + 746$
18-30	$14,7P + 496$
30-60	$8,7P + 829$
+60	$10,5P + 596$

Fonte: National Research Council. **Recommended Dietary Allowances**, 10th ed. (pp. 26-29).
Washington, DC. National Academy Press, 1989.

Tabela 6: Fatores para estimativa do gasto energético de acordo com varios níveis de atividade física para homens e mulheres (entre 19 e 50 anos)

Nível de atividade	Fator atividade x TMB
<i>Muito leve</i>	
Homens	1,3
Mulheres	1,3
<i>Leve</i>	
Homem	1,6
Mulheres	1,5
<i>Moderado</i>	
Homem	1,7
Mulher	1,9
<i>Intensa</i>	
Homem	2,1
Mulher	1,9

Fonte: National Research Council, 1989. **Recommended Dietary Allowances**, 10th ed. (pp. 26-29) Washington, DC: National Academic Press.

Classificação dos níveis de gasto energético

Repouso:

dormindo, reclinado

Muito leve:

Sentado e em pé, pintando cerca, dirigindo, trabalho em laboratório, datilografia, trabalho de escritório, costurando, passando roupa, cozinhando, jogando cartas, tocando um instrumento musical

Leve:

Andando em superfície plana, trabalho em mecânica, serviços elétricos, carpintaria, restaurantes, limpeza de casa, cuidados com crianças, golfe, velejar, tênis de mesa.

Moderado:

Correr, limpar o jardim, carpir, carregar peso, andar de bicicleta, esquiar, jogar tênis, dançar.

Intenso:

Andar em um ladeira, cortar árvores, cavar com uma pá, jogar basquete, alpinismo, jogar futebol.